Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma Nova Política para um Mundo Global

Síntese Setorial:
Capacitação para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Eduardo M. Krieger
Instituto do Coração

Fernando Galembeck
Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas

Este trabalho faz parte de um estudo realizado pela Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas por solicitação do Ministério da Ciência e Tecnologia e do Banco Mundial, dentro do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II). As opiniões expressas neste texto são de responsabilidade exclusiva do autor.

1994

Capacitação para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Capacitação para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico

1. Introdução

Neste texto será tratada a capacitação brasileira para as atividades de pesquisa e desenvolvimento em diferentes disciplinas científicas e profissionais: Computação, Física, Química, Geociências, Engenharias, Biológicas, Ciências Fisiológicas, Saúde, Agrárias, Biotecnologia, Pesquisa Militar, Ciências Sociais, Pesquisa em Inteligência Artificial.Tal capacitação é importante para o aumento da produção econômica, a melhoria da qualidade de vida e para a solução dos problemas de desigualdade social, deterioração urbana e para o atingimento de um padrão de desenvolvimento sustentável.

As disciplinas tratadas neste documento formam a maior parte do conhecimento científico e tecnológico contemporâneo, com um grande impacto sobre a cultura, as atividades econômicas e o desenvolvimento econômico e social.

O impacto mútuo das ciências da matéria sobre as ciências biológicas, da saúde e agrárias é muito grande e tem aumentado nas últimas décadas. Desde que uma parte importante da Biologia tornou-se molecular e que tornou-se possível engenheirar a genética, muitos cientistas e tecnólogos das áreas ditas "exatas" passaram a ter as implicações biológicas do seu trabalho como um fator de decisão na escolha e definição dos seus projetos. Por outro lado, os progressos nas áreas biológicas criaram desafios, oportunidades e instrumentos para a pesquisa matemática e físico-química. O mesmo ocorreu, mas em menor escala, entre as ciências da matéria e as ciências humanas. Por exemplo, a ciência da informação criou uma interface entre a linguística e a termodinâmica, através do conceito de entropia. Mais recentemente, alguns matemáticos interessados em sistemas dinâmicos passaram a interagir com linguistas e com economistas, usando formalismos para cujo desenvolvimento físicos e meteorologistas contribuíram muito nas últimas décadas.

Das ciências da matéria e engenharias dependem o desenvolvimento e a produção de muitos setores econômicos. Por exemplo, a indústria extrativa mineral e suas correlatas, grande parte de toda a indústria de transformação, de bens de capital e de bens de consumo duráveis, as empresas de utilidades (telecomunicações, energia, água e esgotos), serviços bancários, a indústria de armamentos e defesa.

Por outro lado, as ciências da vida têm um grande impacto sobre a saúde humana e animal, sobre a agricultura e a produção de alimentos. O prolongamento e a melhoria de qualidade da vida humana, o combate à fome, a manutenção de ecossistemas ricos

e da biodiversidade e uma importante fração das atividades econômicas são dependentes das ciências biológicas, da saúde e agrárias, básicas e aplicadas.

Neste momento, estão em curso dois processos de transformação de atividades humanas, cujo impacto já é imenso mas ainda parece longe de já se ter completado: o primeiro é o uso maciço de equipamentos de computação na aquisição, armazenagem, processamento e uso de informação de todos os tipos. Tudo indica que esta seja uma revolução pelo menos tão grande quanto a que decorreu da invenção da imprensa. O ritmo deste processo no nosso meio tem sido significativo mas muito desigual e, no conjunto, ainda modesto.

O segundo processo é menos óbvio e a sua consciência é menos difundida em nosso meio, mas no entendimento destes autores é igualmente importante: é causado por uma nova visão dos fenômenos do mundo material, iluminada pela noção de caos determinístico. Esta implica em uma mudança nos paradigmas da ciência experimental, nas expectativas de compreensão de fenômenos naturais complexos e também nas expectativas de se obter produtos seja simples, seja sofisticados (como materiais poliméricos, revestimentos, nanoestruturas para optoeletrônica) através de processos industriais caótico-determinísticos.

2. Algumas tendências do setor

Desde o século 18 existe a idéia do reducionismo, que hierarquizou as ciências e teve uma enorme influência sobre a organização do ensino superior. No Brasil, esta idéia foi divulgada pelos positivistas e tornou-se predominante. Ela aliou-se aqui aos traços escolásticos da nossa cultura e ao desprezo pelas atividades manuais (inclusive as da ciência experimental) para criar um paradigma de ensino e de prática (ou falta de prática) científica e tecnológica. Uma conseqüência persiste na nossa linguagem: temos o conhecimento, nas universidades, catalogado em ciências *exatas*, biológicas e humanas. Os dois últimos adjetivos são essencialmente corretos, mas o primeiro pressupõe uma exatidão inaplicável ao conjunto por ela designado, e revela a ideologia dominante, da qual é parte a crença na possibilidade de tratar-se toda a matéria inanimada de uma forma euclidiana.

A tendência à hierarquização somou-se muitas vezes a uma visão excessivamente otimista sobre os sucessos do reducionismo (que foram, certamente, muitos). Frases como: "A Física do século passado basta para explicar os fenômenos do dia-a-dia; a da primeira metade do século vinte basta para explicar os fenômenos do espaço e moleculares" ou "A Mecânica Quântica resolve os problemas da Química e a maior parte dos problemas da Física" (amplamente desmentidas pelas décadas posteriores) foram repetidas acriticamente, criando uma atmosfera desfavorável ao engajamento de pesquisadores jovens em muitas áreas de investigação.

O ritmo de crescimento explosivo da quantidade de informação gerada tornou-se explosivo em meados deste século, estando associado a uma crescente tendência à especialização. Uma tendência de reversão desse processo teve início a partir da década de 70 e, mais acentuadamente nos últimos anos, por vários fatores. Destes, alguns fatores representam uma visão mais crítica ou talvez apenas menos panglossiana da ciência e da técnica:

i) a consciência ecológica, que despertou em pesquisadores preocupações antes inexistentes, criou oportunidades e problemas de pesquisa e também tornou impopulares muitos assuntos e sub-áreas inteiras;

ii) o fim de uma visão romântica da "ciência pela ciência", causado pela percepção dos enormes riscos que o desenvolvimento científico e tecnológico introduziu na vida humana: o desencanto com a energia nuclear, os acidentes na exploração e transporte de petróleo e em complexos industriais químicos, os problemas ambientais e sociais criados por uma agricultura intensiva em tecnologia, a perversidade de um imenso arsenal espalhado pelos territórios das grandes potências e capaz de destruir toda a vida humana, várias vezes;

iii) a crescente interação entre produtores e usuários do conhecimento, que fez da pesquisa básica um elemento básico da estratégia de grandes empresas no mundo todo, e fez também com que muitos cientistas se mantivessem sempre alertas para a questão da apropriação dos resultados do seu trabalho e para as implicações econômicas, sociais, ambientais e políticas desses mesmos resultados.

Outros fatores de convergência (em oposição à superespecialização) das disciplinas científicas e tecnológicas são:

i) o progresso nos estudos de sistemas dinâmicos (ou complexos), a partir de áreas antes estanques como a hidrodinâmica, meteorologia, economia, química, matemática e ecologia, linguística e ciência da informação, criando uma nova linguagem e novos paradigmas de interpretação de resultados experimentais. Isto aproximou pesquisadores de áreas muito distintas, tornando-os mutuamente interessados nos respectivos trabalhos de investigação. Mais interessante ainda é o crescente uso, em algumas disciplinas, de modelos gerados a partir de resultados experimentais de outras disciplinas;

ii) o próprio crescimento do conhecimento, de técnicas experimentais que tornaram possíveis novos experimentos e novas descobertas, dos quais resultaram novos conhecimentos e técnicas, e assim por diante. Para exemplificar: descobertas de propriedades de sólidos semicondutores permitiram a criação de uma eletrônica de estado sólido, que foi utilizada na construção de microcomputadores, supercomputadores e estações de trabalho que hoje são utilizados para modelar e calcular propriedades de sólidos, com um grau de detalhe e exatidão que seria inconcebível, sem eles, e que

deverá conduzir a novos progressos na ciência dos materiais e dos biomateriais, na física e na química de sólidos, gerando por sua vez novos materiais e novos dispositivos eletrônicos, optoeletrônicos e fotônicos;

iii) o uso intensivo de recursos computacionais, que criou ferramentas comuns para áreas de trabalho antes estanques. Esta profunda interpenetração fica clara se considerarmos que um bacharelado em física ou engenharia elétrica é, hoje, um bom início de formação para um futuro gerente de sistemas de um banco. Há cinquenta anos, a migração de um físico para um emprego em banco seria certamente considerada como um ponto de ruptura, em uma carreira; hoje, esta migração é possibilitada pelo domínio que o físico tem de computação e de sistemas, que foi desenvolvido para poder administrar as imensas massas de resultados experimentais produzidas, por exemplo, em um acelerador de partículas, e que torna-se útil no manejo de grandes quantidades de dados numéricos, agora bancários.

Hoje, a Matemática criou uma seção experimental, as teorias penetraram os laboratórios de síntese química e de fabricação de materiais, e os mesmos tipos de instrumentos analíticos são encontrados em muitos laboratórios de Física, Química, Biologia, Geologia e Astrofísica. Os congressos temáticos adquirem importância, em detrimento de congressos puramente disciplinares. Por exemplo, congressos internacionais sobre temas como Magnetismo, Supercondutores, Macromoléculas, Ciência de Colóides e Superfícies, Catálise, Fármacos, reúnem grande número de investigadores e profissionais que podem ser rotulados como físicos, químicos, matemáticos, engenheiros químicos, engenheiros mecânicos e de materiais, ao lado de biólogos e pesquisadores oriundos de outras disciplinas. Uma evidência interessante vem de uma publicação recente, em que profissionais de pesquisa de um dos maiores grupos industriais químicos do mundo expõem o seu trabalho recente e as perspectivas do mesmo. Em todos os casos, o resultado almejado é um produto químico ou melhor, um produto típico de uma indústria química. Entretanto, estes profissionais são graduados em várias áreas, algumas bastante distintas da química.

A interface das ciências "exatas" e das engenharias com as ciências biológicas tornou-se muito densa. Isto pode ser constatado observando-se que a motivação de muito trabalho fundamental químico e físico passou a ser biológica; ao mesmo tempo, o perfil da dos países desenvolvidos passa por um processo de modificação, adquirindo uma forte componente biotecnológica.

O reconhecimento destas tendências aponta para uma conclusão: é inútil concentrar a educação em especialidades. A educação deve privilegiar as habilidades mais genéricas e de multi-uso, seja manuais, seja intelectuais. A formação profissional deve ser, antes de tudo, científica.

3. O contexto

3.1 A sociedade brasileira, a ciência e a tecnologia

Não existe na sociedade brasileira a consciência de uma necessidade de atividades de ciência e tecnologia. As raízes dessa inconsciência são antigas e recentes. As razões antigas são:

i) a colonização por uma potência decadente e predatória em que já havia passado o grande momento científico e tecnológico;

ii) a proibição de atividades industriais e do exercício do ensino superior, durante todo o período de colônia;

iii) a sujeição econômica sucessiva a duas potências industriais interessadas em mercados de características complementares às suas próprias e capazes de, pelo seu poderio econômico e militar, impedir as iniciativas autóctones que lhes fossem desinteressantes;

iv) o isolamento em que viveram muitas das colônias de imigrantes, que detinham tecnologias industriais (então) atuais e prezavam o ensino e o desenvolvimento, mas ficaram isoladas tanto do resto da população quanto das populações que lhes deram origem;

v) o desprezo pelas profissões artesanais e, posteriormente, industriais, em contraposição às carreiras burocrático-administrativo-cartoriais, eclesiásticas e militares.

Isto justifica que não haja registros importantes de atividades em áreas de ciências físicas, químicas, da terra e do espaço, matemáticas e nas várias engenharias, até o primeiro terço do presente século. Há apenas exceções honrosas e pontuais, como a Tibiriçá Piratininga, mais tarde importante político no Estado de São Paulo, a de Alberto dos Santos Dumont, e outros. Esta é uma grande diferença com a área de ciências biológicas, agrárias e da saúde, na qual há numerosos casos e instituições importantes, no fim do século passado e início deste: Oswaldo Cruz, Rocha Lima, Vital Brazil, Carlos Chagas e instituições como os institutos de Manguinhos, Butantã e Biológico.

O Brasil da década de 1950 ainda discutia se a sua vocação era agrícola ou industrial. A opção pela industrialização fez-se em um meio que tinha pelo menos uma virtude: era capaz de satisfazer a um modelo importador de tecnologia. A rapidez do processo exigiu cada vez mais dos agentes sociais que poderiam criar ciência e tecnologia, mas o fez no sentido de formar recursos humanos muito mais adequados à reprodução e utilização do conhecimento do que à participação no processo da sua criação. Isto é, as escolas de engenharia foram capazes de formar profissionais

competentes para as atividades de produção nas filiais de multinacionais que aqui se instalaram, mas não cultivaram suficientemente as atividades de criação científica e inovação tecnológica.

O golpe de 1964 e os eventos que se lhe seguiram, particularmente até a anistia, introduziram um novo complicador no processo: uma radicalização entre muitos pesquisadores acadêmicos e os agentes do processo econômico. Os primeiros foram largamente marginalizados pelo "sistema" e os últimos aderiram a ele. Com isso, o fosso que separava o saber do fazer aprofundou-se. Este fenômeno teve exceções notáveis, porque houve também casos em que uma convergência de interesses criou uma aproximação entre militares, empresários e pesquisadores/professores universitários, sendo que o mais notável o da indústria de informática.

Além disso, o regime militar fomentou o crescimento quantitativo e qualitativo do sistema de ensino superior, em uma escala até então desconhecida no País e que, em termos relativos, não voltou a ser repetida, desde o fim da década dos anos 70. Isto permitiu o crescimento da pesquisa acadêmica que atingiu um padrão qualitativa e quantitativamente bom e mesmo ótimo, em várias sub-áreas. Já na área tecnológica houve alguns sucessos, menos numerosos que os científicos.

Resulta a situação atual, da qual algumas componentes importantes são:

i) a perenidade de um estéril conflito de interesses entre os defensores da "pesquisa básica" e da "pesquisa aplicada", em que se ignora a extrema interdependência entre ambas e a necessidade de atividade vigorosa em ambas, em qualquer sistema de desenvolvimento científico e tecnológico que aspire a alguma perenidade;

ii) a falta de vínculos constantemente renovados entre pesquisadores universitários e profissionais de empresas; por exemplo, sociedades científicas e sociedades profissionais são corpos distintos, que não se interpenetram nem interagem, à exceção de alguns casos notáveis. É um fato recente e positivo a existência de algumas entidades, como as associações brasileiras de cerâmica (ABC) e de polímeros (ABPol) que congregam pesquisadores e profissionais industriais de forma eficaz e produtiva.

iii) a existência de muitos argumentos de rejeição mútua, entre profissionais de empresas e pesquisadores universitários. Estes argumentos são tanto mais chocantes quando se reconhece que, no Brasil, todos esses profissionais têm as mesmas origens. Esta questão será examinada em maior detalhe, no ítem a seguir.

3.2 A Universidade e os seus ex-alunos

O governo brasileiro tem, em seus quadros superiores, muitos egressos das universidades públicas brasileiras. O mesmo se passa com as empresas, particularmente

as estatais. Portanto, uma parte importante do estamento com poder de decisão e de execução do País formou-se no sistema universitário público. Caso este poder se julgasse devedor do sistema que participou da sua formação, deveria tratá-lo bem; caso contrário, deveria tratá-lo mal.

É óbvio que o poder público (federal e o da maioria dos estados) trata muito mal as atividades de Ciência e Tecnologia. O poder econômico também não oferece apoio substancial - no Brasil não se registra legados ou doações importantes às universidades e instituições de pesquisa, com raras exceções (ex., doações recebidas pelo CBPF à época da fundação, o edifício Jafet, do IFUSP).

Os egressos das universidades conheceram nelas muitas coisas negativas: despreparo de docentes, obsolescência de equipamentos, instalações maltratadas, desvinculação da realidade adjacente e remota, grevismo docente, política partidária intramuros, falta de exigências quanto a desempenho docente e discente, ineficiência administrativa. Algumas destas mesmas características tiveram, durante o regime militar, um papel contestador, em alguns casos muito positivo.

Entretanto, passada a fase de resistência ao regime militar, não mais se percebeu fortes movimentos de mobilização, que então poderia passar a ser intelectual e científica, dentro das universidades. Não há muitas pessoas capazes de polarizar as mentes jovens, de criar projetos intelectualmente ambiciosos e de executá-los. Ao contrário, a partir de meados dos anos 80, no período em que o Brasil tornou-se país de emigração, a universidade terminou por ser uma das portas de saída mais utilizadas: tornou-se comum a figura do candidato à pós-graduação que, acima de tudo, está interessado em uma rota para o exterior, preferivelmente sem retorno. Nos primeiros anos da década dos 90 este processo foi modificado, agora por um fator puramente externo: a grande oferta de trabalhadores científicos e técnicos de alto nível, causado pelo desmonte do sistema científico ex-soviético e do sistema de pesquisa militar estadunidense (com reflexos sobre Israel e outros países) aumenta a competição que deve ser enfrentada pelos pesquisadores emigrantes brasileiros.

A visão negativa que os egressos têm da universidade brasileira justifica o desinteresse do público em geral e dos detentores do poder, pela universidade; justifica também que a maior exceção a este quadro seja a do sistema universitário paulista, em que sucessivos governos, de diferentes características, tenham dado (com as raras porém inevitáveis exceções) apoio às universidades, de forma contínua e substancial.

3.3 A ação do poder público e do setor privado

Na história da ciência do País, só se pode identificar quatro momentos importantes em que o poder público alavancou as atividades de pesquisa: o primeiro foi o projeto de reação do governo do estado de São Paulo ao governo federal, com a criação da USP e seus desdobramentos, a partir de 1935; o segundo foi a criação do CNPq; o terceiro foi a criação do Funtec, depois da Finep, na esteira do projeto do Brasil-potência, do regime militar no fim dos anos 60 e dos 70; o quarto foi a criação do MCT, marcada por intenções maiores que as realizações mas responsável por estímulos à formação de recursos humanos de alto nível.

Quanto às empresas brasileiras, em que pese o gigantismo de muitas estatais e o sucesso de muitas, tanto estatais quanto privadas, o seu envolvimento com a geração de ciência e tecnologia é modesto, no conjunto. Há exemplos notáveis, que são mais as exceções do que a regra: Usiminas (em contraponto com a CSN e outras megasiderúrgicas), Metal Leve (em contraponto à maioria das metalúrgicas), alguns setores da Petrobrás (em contraponto a outros setores da Petrobrás) e outros. Especificamente quanto ao desenvolvimento tecnológico em empresas, a atuação e as compras da Petrobrás, da Telebrás, dos programas militares de pesquisa e de algumas instituições menores mas estratégicas (como o Laboratório de Luz Síncrotron) requereram o envolvimento de algumas centenas de empresas, que com isso adquiriram qualificação e desenvolveram produtos e processos, mais tarde incorporados aos seus negócios com outros compradores, do Brasil e do Exterior.

Entretanto, é claro que atividades científicas e tecnológicas foram muito mais objeto de atenção de pesquisadores e de uma cúpula governamental, até cerca de 1980, do que assunto de interesse geral da população, mesmo se considerarmos apenas a população cuja escolaridade atingiu o nível universitário. A partir dessa época, a recessão de 82-83, a moratória e suas conseqüências, o discurso governamental de 86-88 (e a sua parcial concretização, através do PADCT, do programa de bolsas para o exterior e do RHAE) e o discurso de modernidade do candidato Collor criaram uma nova consciência, a respeito da importância de ciência e tecnologia.

Esta consciência é um querer de ciência e tecnologia, que esbarra na dificuldade de não saber fazer. Uma grande parte dos ex-alunos das universidades não conhece e não compreende o processo de geração de ciência e tecnologia. Para muitos, ciência é apenas a descoberta do novíssimo, a grande "sacada", se possível o resultado sensacional que desmente Einstein. Eles desconhecem o processo de acumulação do conhecimento, tanto quanto o processo de revolução do conhecimento. O caso de tecnologia é o mais espantoso. Expressões como "transferência de tecnologia" fazem parte do nosso quotidiano, como se tecnologias fossem simplesmente transferíveis. O caso mais visível de "transferência" de tecnologia no Brasil, o acordo nuclear Brasil-Alemanha propunha, sim, transferir uma tecnologia, que não estava provada. Esse é o

tipo de tecnologia que se transfere; as outras, que funcionam, são sempre propriedade de alguém, que delas necessita para melhorar os seus negócios e que pode até cedê-las como parte de um negócio. Outra idéia corrente é a de que só interessa o "novo" produto da pesquisa; isto é largamente difundido pela imprensa e justifica o furor que foi causado no Brasil pelos supercondutores de alta temperatura e pela fusão a frio. De fato, não existe clareza quanto a uma noção essencial, a de desenvolvimento incremental, dos pequenos ganhos que se acumulam ano a ano e que permitem ao detentor da tecnologia que seja capaz de melhorá-la continuamente uma posição confortável face à concorrência e mesmo face às novas tecnologias que surjam. Ilustra bem a pequena participação do setor privado em C&T o fato de representar apenas 8% do total de gastos o restante sendo investido pelo setor público (cerca de 12% pelas estatais).

4. A capacitação brasileira em diferentes sub-áreas do conhecimento

4.1 Computação (Lucena, 1993)

Esta área compreende: teoria da computação, bancos de dados, arquitetura de computadores, redes de computadores, computação gráfica e processamento de imagens, inteligência artificial e engenharia de software. Temas correlatos são automação industrial e matemática computacional, tratados respectivamente nas seções de Engenharia e Matemática.

A instalação dos primeiros computadores da América Latina ocorreu contemporaneamente no Brasil e Argentina; no Brasil, os primeiros programas acadêmicos da área tiveram início por volta de 1967, na mesma época em que estavam sendo criados nos países centrais. Hoje há programas de graduação em computação em todas as universidades brasileiras e 13 programas de pós-graduação, dos quais os melhores tem nível comparável aos bons congêneres existentes no exterior.

A comunidade brasileira é dinâmica e atualizada, reciclando-se continuamente em eventos nacionais e internacionais. Está concentrada nas universidades, onde atuam cerca de 90% dos pesquisadores com nível de doutor.

No conjunto da Informática (computação, microeletrônica, automação, matemática computacional) há no Brasil cerca de 400 doutores, em 1993. Este número está em rápido crescimento, tendo dobrado entre 1988 e 1991. O número de alunos de pós-graduação em computação era igual a 1457, em 1991 (1235 de mestrado, 222 de doutorado), tendo também dobrado entre 1988 e 1991. Em 1991, 233 alunos obtiveram grau de Mestre e 20 obtiveram o grau de Doutor. As projeções são de continuação deste rápido crescimento: o país deverá receber 50 novos doutores por ano, a partir de 1993. Somados aos 20 doutores formados anualmente no país resulta um total expressivo, que corresponde a

11% do número de doutores formados em computação nos Estados Unidos: em 1989, foram 648 doutorados (531 em "Computer Science", 117 em "Computer Engineering").

Esta área é um caso único no país, em que houve simultaneidade na organização de programas acadêmicos e de uma política industrial.

A crítica e a defesa dessa política e dos seus resultados tem sido feita de maneira excessivamente polarizada (até mesmo passional). O maior defeito foi a redução prática da política à reserva de mercado. Foram inicialmente definidas várias estratégias da política (em um total de treze) das quais a reserva de mercado foi a única efetivamente implementada. Outras estratégias importantes, como por exemplo o investimento em ciência e tecnologia, não foram oportunamente implementadas. É certo que as críticas feitas pelos adversários têm justificativas, mas são extremadas; da mesma forma, os argumentos dos defensores são extremados. O caso da política de informática mostra que há na nossa comunidade científica e na nossa sociedade dois problemas sérios: primeiro, a incapacidade de percepção de nuances, ou seja, o hábito de discutir tudo em termos binários, de "é" ou "não é", oito ou oitenta; o segundo problema é o da "moda", da rapidez com que pessoas aderem à opinião dominante coletiva.

A política de informática que esteve em vigor até 1992 privilegiou o "hardware", o que foi uma falha técnica da política. Em conseqüência, a tecnologia de software tornou-se mais atrasada que as demais tecnologias da computação. Entretanto, este é exatamente o tipo de produto que deve ser o foco das preocupações atuais. Há uma grande demanda, em nível internacional, de profissionais, pesquisadores e de produtos de pesquisa em "software". Uma estimativa de Carlos Lucena mostra que o Brasil pode tornar-se exportador de "software", atingindo uma receita de US$ 2 bilhões/ano, ao nível da receita obtida com os principais produtos exportados pelo país.

O desenvolvimento de tecnologias de "software" requer uma forte interação entre a academia e a indústria. Há iniciativas que parecem mostrar que lições do passado foram aprendidas; por exemplo, o programa RHAE (Recursos Humanos para Áreas Estratégicas), que atua fortemente na área de informática, pretende criar uma nova cultura de projetos de pesquisa voltados para a transferência tecnológica para a indústria. O programa DESI (Desenvolvimento Estratégico da Informática), que é uma parceria CNPq/PNUD combina projetos gerados espontaneamente pela comunidade científica e agrupados em torno de temas estratégicos de pesquisa (PROTEM) com um projeto indutor do surgimento de uma indústria nacional de "software" voltada para a exportação (SOFTEX) e com a implantação de uma infraestrutura nacional de comunicação e computação (RNP). O orçamento do DESI é de 27 milhões de dólares em três anos.

A execução do DESI está requerendo mudanças institucionais e organizacionais importantes, por exemplo análogas às introduzidas pelo Projeto Júpiter (Modular Master's Degree in Software Engineering), no Canadá. Neste projeto as atividades são organizadas

de forma que um aluno possa passar tempos determinados na sua empresa, em uma ou mais universidades (assistindo aulas ou em estudos) e dedicando-se à sua pesquisa.

No caso de "softwares" muito sofisticados, para os quais há competência no país mas talvez não haja demanda (no momento atual), deve haver associação a equipes de universidades estrangeiras. Em um primeiro momento, esta associação permitirá a interação de pesquisadores brasileiros com distribuidores de "software" estrangeiros através das interfaces já existentes nas universidades estrangeiras; a meta é que haja um segundo momento, de interação direta entre pesquisadores brasileiros e distribuidores estrangeiros.

4.2 Física (Rezende, 1993)

Esta foi a área que mais se projetou no surto de desenvolvimento científico dos anos 30; os dois núcleos importantes foram a FFCL da USP, com Gleb Wataghin e o INT, com Bernhard Gross. Logo a seguir, físicos brasileiros como Schönberg e Pompéia engajaram-se no esforço de guerra da Marinha o que criou laços entre a comunidade científica e pessoas cuja atuação posterior foi decisiva, como o almirante Álvaro Alberto, criador do CNPq. Ao fim da 2a. grande guerra mundial, o mundo civilizado vivia um romance com a física nuclear, que era a esperança de energia sem limites, inodora e limpa, para todo o mundo. Portanto, urgia desenvolver esta área e, para isto, toda a Física. A Física brasileira foi então também reconhecida pela sua alta qualidade, exemplificada pela participação de César Lattes junto a Cecil Powell, na descoberta do méson pi. Já nos anos 60 e 70, a Física do Estado Sólido tornou-se o carro-chefe da Física, pelas suas importantes repercussões em eletrônica, informática e comunicações.

Hoje, pratica-se pesquisa em Física em muitas instituições brasileiras, das quais 34 tem 4 ou mais doutores, 23 tem programas de mestrado e 14 de doutorado; a grande maioria tem avaliação em nível A, pela CAPES. Comparado ao de países desenvolvidos, este quadro mostra uma distorção: cerca de 84% dos doutores físicos brasileiros trabalham em universidades, comparados a 33% nos Estados Unidos (onde a metade dos demais trabalha em laboratórios de pesquisa com missões específicas e a outra metade em indústria). Os principais laboratórios brasileiros com missões específicas (INPE, IPEN e LNLS) empregam apenas 9% dos físicos com doutorado e vários outros (Inmetro, IPT, ITEP, Ceped, Cetec, etc.) empregam juntos não mais que duas dezenas de físicos com doutorado. Em 1986, o número de doutores em Física atuando em empresas no Brasil não ultrapassava 30. Mesmo em um caso notável como o do CPqD da Telebrás, este número, em 1993, é inferior a 20. .

Outra distorção no quadro institucional brasileiro refere-se ao tamanho dos departamentos universitários. Quatro universidades brasileiras (USP, Unicamp, UFRJ e UFF) aproximam-se dos duzentos docentes de Física, contra 30-50 que é o número típico

de um departamento de Física nos Estados Unidos. Estes grandes números são justificados pelas necessidades de pessoal para ensinar Física a milhares de estudantes de engenharia, ciências da matéria e biológicas, educação física e outros. Dada esta justificativa, seria de esperar a existência de um excelente ensino de Física nas universidades brasileiras, o que está longe de ser reconhecido pelos usuários destes cursos. O meio que foi largamente utilizado para atingir esta situação indesejável é a contratação prematura de jovens, que adquirem estabilidade de emprego antes de atingirem a maturidade científica.

As grandes dimensões de muitos departamentos brasileiros não têm como resultado uma elevada produtividade científica. De fato, os dados constantes do documento de Rezende mostram que não há correlação entre número de docentes e indicadores de produção científica.

Embora haja um grande número de físicos nos departamentos universitários brasileiros, o número total de doutores no país é pequeno. Considerando que os Estados Unidos, Japão e Alemanha têm cerca de 1000 físicos para cada US$160 bilhões do PIB, o Brasil poderia ter 2500 físicos (admitindo um PIB de 400 bilhões de dólares) ou 4000 físicos (admitindo a reavaliação do FMI, que dá um PIB de 700 bilhões de dólares).Estes números são respectivamente quase o dobro e o triplo dos 1350 atuais. Entretanto, face às demais áreas, a da Física é muito privilegiada, tendo um contingente de doutores que é o maior, em termos absolutos e desproporcionalmente grande face ao de outras áreas, se comparado ao de outros países. Uma taxa de crescimento da população de doutores em Física, de 200 por ano, deverá levar a 3000 doutores no ano 2000. Este número será justificado se houver uma mudança no perfil de emprego dos físicos no Brasil, criando-se oportunidades nos institutos de pesquisa e nas empresas. Em caso contrário, o seu atingimento apenas contribuirá para o inchamento dos departamentos universitários.

Uma característica que chama a atenção nos dados sobre a Física no Brasil é a grande proporção de físicos teóricos (50%, contra 25-30% nos países desenvolvidos). Isto é tanto mais preocupante quando se observa em um dos mega-institutos (o da Unicamp) um crescimento de atividades teóricas, sem contrapartida na produção experimental. São os físicos experimentais que, de maneira geral, encontrarão emprego nos laboratórios industriais e nos institutos de tecnologia. De fato, já há no Brasil casos importantes de físicos de formação experimental que são docentes em escolas de engenharia, sendo reconhecidos como pares pelos docentes engenheiros.

A infraestrutura de pesquisa em Física no Brasil consumiu um investimento acumulado (em valores nominais, durante os últimos vinte e cinco anos) de ordem de US$130 milhões, o que é modesto face a padrões internacionais. O investimento em alguns centros importantes (PUC/RJ, CBPF, UFRJ e outras) foi pequeno desde a década de 80, criando um quadro de deterioração. Em outros centros, o quadro foi mais complexo: houve grandes gastos em equipamentos e instalações em algumas instituições

(USP, UFMG, Unicamp e outras), ao lado de uma penúria de recursos para operação de alguns laboratórios das mesmas instituições. A redução do FNDCT, que anteriormente aportava para vários centros cerca de um milhão de dólares cada um, a cada um ou dois anos, desorganizou grandemente todas as instituições de pesquisa em Física.

Hoje ocorrem casos paradoxais e que revelam com grande clareza a irracionalidade do fomento à pesquisa no Brasil: ao mesmo tempo em que há equipamentos novíssimos e de grande porte para pesquisa em semicondutores, em vários centros, faltam pessoal e recursos para custeio, nos mesmos lugares.

A produtividade dos físicos brasileiros é elevada, se comparada à de pesquisadores de outras disciplinas. Em 1991, 1131 doutores publicaram 1336 artigos, dando uma média de 1,18 artigo/doutor-ano. O número de trabalhos publicados em revistas de primeira linha (Physical Review, Phys. Rev. Letters) é elevado; vários físicos brasileiros têm 20 ou mais citações por ano no Science Citation Index. O estágio de desenvolvimento das várias áreas não é uniforme, mas há muitos exemplos de grupos que têm nível realmente internacional, que lhes permite interagir e ombrear com grupos de primeira linha do exterior.

O documento de Sérgio Rezende descreve várias propostas de programas para o desenvolvimento da Física. Destas, merece destaque o Programa de Áreas Interdisciplinares, abrangendo Física Biológica, Física Médica, Ciência dos Materiais e Instrumentação. Atividades nestas áreas podem ser competentemente conduzidas em laboratórios pequenos ou de porte médio, beneficiando-se também da existência de facilidades de grande porte. Há atualmente duas destas facilidades: o LNLS, em construção através de um projeto que nos próximos cinco anos deverá consumir 28 milhões de dólares e poderá permitir um grande salto nas pesquisas em Ciência dos Materiais, Biofísica Molecular, Física Médica, Espectroscopia, Ciência Ambiental, Microeletrônica. Seus usuários deverão ser pesquisadores universitários, de institutos de pesquisa e possivelmente de indústrias (neste último caso, isto ocorrerá ou não em função do nível de atividade de pesquisa em empresas dos ramos: metalúrgico e siderúrgico, cerâmico, plásticos e borrachas, microeletrônica, telecomunicações, petroquímica). A outra é o implantador iônico do IF/UFRGS, cuja expansão requer US$4 milhões. Incluindo despesas de custeio nos próximos cinco anos, estes projetos requerem para os próximos cinco anos um total de US$37 milhões de fontes federais, mais 27 milhões de outras fontes. Estes projetos consumirão, de fontes federais, 13,8% de um orçamento total destas mesmas fontes para a Física, de US$268 milhões (em cinco anos).

4.3 Química (Riveros, 1993)

A ciência química brasileira foi muito pouco expressiva, até a criação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Depois disto passou a

existir em um bom nível de qualidade nesta e em algumas poucas outras escolas e laboratórios, embora o seu crescimento fosse muito lento. Durante as décadas de 40 a 60, o maior impulso para o seu crescimento foi dado por pesquisadores importantes como Fritz Feigl, Rheinboldt, Hauptmann, Zocher, Slotta e seus discípulos brasileiros.

O rápido desenvolvimento industrial da década dos 70 mostrou que a pesquisa química brasileira era muito pequena perante as necessidades de um parque industrial moderno.

Por esta razão, o desenvolvimento da Química como área básica tem sido objeto de várias ações de órgãos de governo: o programa NAS/CNPq (1969-1977), que teve importantes resultados científicos e criou um novo patamar de qualidade e de produtividade; o PRONAQ (1980-1985), que evoluiu de uma proposta inicial de criação de um Instituto de Pesquisas Químicas (no CNPq) e que, por sua vez, foi o germe do Sub-programa de Química e Engenharia Química do PADCT (1984-presente). Apesar disto, os recursos alocados a esta área pela Finep e pelo CNPq foram sempre reduzidos, se comparados aos alocados a algumas outras áreas. Os critérios de julgamento de projetos utilizados na Finep e às vezes no próprio CNPq desencorajaram a prática de boa ciência química, estimulando projetos baseados em estrito critério de relevância (no julgamento de técnicos das agências), mesmo que executados por equipes de pouca competência.

Uma tendência oposta foi introduzida pelo PADCT: recursos substanciais foram alocados e os procedimentos de julgamento por comitês assessores (já então praticados no CNPq) foram adotados. Os resultados ainda não podem ser completamente avaliados, mas há um indubitável crescimento da população de pesquisadores e da produção científica, com reflexos importantes na qualidade desta produção, dos corpos docentes das universidades e na intensidade e nível da interação entre pesquisadores acadêmicos e profissionais de empresas.

Outro importante fator de mudança foi a criação da Sociedade Brasileira de Química, em 1977, com três conseqüências: a realização de eventos que são cientificamente importantes, como a sua reunião anual da qual hoje participam cerca de 1100 pessoas, inclusive uma boa parte dos pesquisadores sênior mais ativos; a edição de duas revistas, a Química Nova e o "Journal of the Brazilian Chemical Society", ambas de muito boa qualidade; a organização política dos químicos perante os órgãos de governo e a revitalização da Associação Brasileira de Química, mais antiga.

O desenvolvimento das diferentes áreas da Química apresenta desuniformidades importantes, seja quanto à qualidade e produtividade científica, seja quanto à distribuição regional. Observa-se progresso importante em Síntese Orgânica, em Físico-Química Orgânica (dentro da qual, na temática de sistemas micelares e tensoativos o país atingiu um nível de primeiro plano internacional), em Físico-Química (Teórica, Eletroquímica, Espectroscopia, Coloidal) e em Química de Materiais.

A Engenharia Química desenvolveu-se mais lentamente. Em 1988, para mais de 600 doutores em Química havia menos de 100 doutores em Engenharia Química, atuando em pesquisa no país. A pesquisa em química está muito concentrada nas universidades, mas há grupos importantes em institutos de pesquisa como o IPT e o IPEN, o CENPES/Petrobrás e algumas empresas. No período Collor ocorreu o desmantelamento de vários grupos de pesquisa de empresas, alguns deles expressivos. Em 90-91 havia nas universidades do país 35 cursos de pós-graduação (M ou M+D), com cerca de 2000 alunos que defenderam 476 teses de mestrado e 153 teses de doutorado. Os 590 docentes (doutores) destes cursos publicaram 710 trabalhos em periódicos internacionais e outros 320 no país, No total, foram apresentadas 544 comunicações em congressos no exterior e 3168 no país. Há também 9 cursos de mestrado e 4 de doutorado em Engenharia Química, 10 cursos de mestrado e 4 de doutorado em Farmácia. O ritmo de crescimento é excepcional, já que a maioria dos indicadores numéricos dobrou, de 83-84 para 90-91.

Por outro lado, o número de publicações brasileiras indexadas no Chemical Abstracts não segue a mesma tendência: no período de 1982 a 1990 passou de 1041 a 1312, com um pico em 1984 (1842) e uma moda em torno de 1500. Como o Chemical Abstracts cobre cerca de 50% das áreas de "hard sciences", estes dados servem mais para ilustrar tendências em muitas áreas correlatas à Química (inclusive as de reações nucleares, física do estado sólido, bioquímica e biologia molecular) do que na própria Química.

Face a números de países desenvolvidos, os da química brasileira são modestos: nos Estados Unidos 1500 estudantes obtêm o doutorado por ano, contra cerca de 100 no Brasil, mais algumas dezenas de brasileiros no exterior; só em Química Orgânica, publica-se na Inglaterra 4800 artigos/ano, cerca de dez vezes mais que toda a produção da pós-graduação brasileira; os cerca de 900 doutores brasileiros em Química correspondem a um número que nos Estados Unidos, em 1981, já superava os 45 mil. Apesar disto, os indicadores da química brasileira superam os de todos os outros países latino-americanos; quanto à engenharia química, a Argentina tem uma produção científica superior.

Quanto à qualidade, são poucas as publicações de brasileiros nas duas revistas líderes, o Journal of the American Chemical Society e a Angewandte Chemie. Entretanto, a presença de pesquisadores brasileiros em outras revistas da American Chemical Society (JOC, Inorganic Chemistry, Langmuir) bem como em outras revistas prestigiosas é significativa. A originalidade da pesquisa está longe de ser excepcional, mas há alguns exemplos destacados por Riveros.

A infraestrutura de pesquisa era muito fraca, no início da década de 70. Os recursos do FUNTEC e dos primeiros anos do FNDCT provocaram grandes mudanças, que foram acentuadas (ainda que de forma localizada) pelo programa NAS-CNPq. No

início dos anos 80, a situação era lastimável: muitos dos equipamentos existentes eram obsoletos ou inoperantes. Os recursos do PADCT e de outras fontes: BID-MEC, BID-Finep, BID-USP, EXIMBANK-Unicamp, Fapesp (Projetos Especiais e Temáticos), Fapemig, mudaram este quadro de maneira substancial. Hoje, o parque instrumental de pesquisa em muitos departamentos brasileiros é pelo menos comparável ao de universidades médias americanas. Por outro lado, há departamentos que contam com pessoal de bom nível mas que estão inferiorizados quanto à infraestrutura; um caso notável é o da PUC-RJ, que passa por uma situação de pré-desmantelamento que não condiz com as contribuições que já deu à Química brasileira; outro é o dos vários departamentos que não podem contar com recursos de governos estaduais, seja através de Fundações de Amparo à Pesquisa, seja por aporte direto.

Entretanto, outros aspectos da infraestrutura não progrediram tanto quanto o equipamento disponível. A qualidade das oficinas decaiu em institutos importantes e em outros nunca foi satisfatória. Aqui, as causas são puramente administrativas, já que em pelo menos algumas universidades há uma carreira de técnico com salários competitivos com o mercado. Há casos em que a simples existência de centros de manutenção torna-se um óbice, e não um fator de progresso da pesquisa. As facilidades de pesquisa são freqüentemente inadequadas: há prédios impróprios (embora às vezes caros) com utilidades mal dimensionadas e que, por si, representam riscos sérios. A remoção e descarte (incineração, tratamento) de resíduos dos laboratórios é um problema sério, em alguns casos simplesmente ignorado, em outros abordado de maneira francamente irresponsável.

Um entrave importante sempre foi a obtenção de reagentes para a pesquisa, devido aos entraves burocráticos à importação. Esta situação foi aliviada por dois fatores: primeiro, a promulgação da lei 8010, que eliminou entraves burocráticos e que é uma importante conquista do PADCT, creditada à atuação de Caspar E. Stemmer; segundo, o SARDI, implementado pelo PADCT. Entretanto, a situação ainda está longe de resolvida; nem o Sardi tem tido uma operação satisfatória em todos os seus aspectos, nem as universidades e instituições de pesquisa prepararam-se administrativamente para usufruir plenamente os benefícios da lei 8010. Várias das propostas do Sub-programa de Insumos do PADCT nunca foram implementadas e o atual GT do sub-programa defende-o como um programa de treinamento de estudantes em atividades de laboratório, o que tem mérito mas está muito longe de contribuir substancialmente para satisfazer as necessidades que os pesquisadores têm, de reagentes e outros insumos para a pesquisa.

4.4 Geociências (Cordani, 1993)

A área de Geociências cobre um espectro muito amplo de sub-áreas com características próprias e estado de evolução e amadurecimento diferentes, no plano nacional. Ela compreende as Ciências Geológicas, Atmosféricas, Geofísicas, a Geografia

Física e a Oceanografia Física, cada uma contendo um grande número de especialidades. A formação nestas áreas é feita em cursos de Geologia, Geografia, Geofísica, Meteorologia e Oceanologia. Há muita interação entre estas áreas e outras, como a Geotécnica, Engenharia de Petróleo e Engenharia Mineral, Geografia Humana (e Ciências Sociais).

Atividades científicas na área de Geociências foram iniciada no século XIX através das expedições de naturalistas (Eschwegge, Agassiz, Hart) estrangeiros. O governo imperial tomou medidas importantes para oficializar atividades geocientíficas, criando o Observatório Nacional (1827), a Comissão Geológica do Império (1885) e a Escola de Minas de Ouro Preto (1886). Gradualmente, as atividades de pesquisa básica na área deram lugar à prospecção mineral até a criação dos departamentos de Geologia, Mineralogia e Geografia nas Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras ou Escolas de Engenharia, nas universidades. Um grande impulso foi a implantação de diversos cursos de Geologia pela CAGE (Campanha de Formação de Geólogos), distribuídos em todo o território brasileiro. As atividades científicas em Geofísica e a Meteorologia só vieram a se firmar a partir da década de 60, com os cursos de pós-graduação.

De modo geral, as atividades mais clássicas das geociências (Geologia e Geografia Física), que foram iniciadas mais cedo que as demais, encontram-se relativamente amadurecidas e consolidadas. Nas sub-áreas de Geofísica e de Meteorologia o número de pesquisadores titulados é pequeno para o atendimento de necessidades institucionais de pesquisa. A Oceanografia Física, por seu lado, se ressente do pequeno número de instituições existentes e da falta de navios oceanográficos.

Entre 6500 e 7000 geólogos brasileiros atuam em vários departamentos universitários brasileiros, em órgãos públicos como o IDESP, o CETEC, a CEPLAC, o INPA, a CETESB, o IPT, e empresas, inclusive grandes estatais como a Petrobrás, a Vale do Rio Doce e a CPRM; o maior grupo (2500 a 3000) atua em mineração ou em levantamentos básicos para prospecção mineral. Cerca de 1000 geólogos atuam no setor de petróleo, quase todos no Departamento de Exploração da Petrobrás. O CENPES da Petrobrás é um dos maiores complexos do mundo para a pesquisa e o desenvolvimento do setor petrolífero, onde cerca de uma centena de pesquisadores da área podem usufruir de modernos equipamentos e de uma estrutura de apoio de alta eficiência. Além disso, a Petrobrás cuida da formação e especialização do seu pessoal técnico através de convênios com diversas Universidades, e um resultado disto é o desenvolvimento de tecnologia de ponta na exploração de petróleo em águas profundas da plataforma continental. Esta tecnologia está sendo usada em bem sucedidas "joint ventures" com companhias norueguesas, no Mar do Norte.

O setor de Geologia de Engenharia ocupa 700-800 geólogos, outros 700 trabalham em ensino e pesquisa em instituições de ensino superior e cerca de 500 atuam em atividades ligadas à água subterrânea e ao meio ambiente. Cerca de 10% dos

profissionais da área encontram-se desempregados, em virtude da retração do mercado de trabalho e da falta de investimentos no setor mineral, nos últimos anos.

Os poucos geofísicos concluintes do único curso que formou bacharéis, até o presente, ainda não caracterizaram uma atuação profissional própria e definida, permanecendo vinculados a atividades acadêmicas.

Algumas centenas de meteorologistas atuam em instituições como o INPE, IAG/USP, UFPb, EMBRAPA, IBGE, CNEN, CETEC, CESP, CETESB e outras. Além destes, trabalham na área físicos, matemáticos, agrônomos, engenheiros. Em Oceanografia Física atua um pequeno número de profissionais, concentrados em estudos de caracterização e de impacto ambiental em ecossistemas costeiros. Quanto à Geografia Física, há alguns milhares de geógrafos no país, formados em 155 cursos superiores. Sua atividade predominante no passado foi o ensino primário e secundário, mas hoje há uma demanda para atividades de planejamento urbano, por parte de órgãos públicos municipais, estaduais e federais.

A produção científica veiculada em revistas arbitradas e editadas de forma contínua, nacionais e internacionais, é muito reduzida. A maior parte das publicações é documentada por boletins de resumos e anais de congressos. Isto é em parte justificado pelo interesse regional de uma parte importante da produção científica. Mesmo considerando esta justificativa, a produção veiculada em revistas internacionais selecionadas é contada em 143 artigos nos anos de 1988 a 1991, o que dá uma média (por ano, per capita) muito baixa. Esta produção está concentrada em poucas instituições: UFBa (22 artigos), USP (IG e IAG, 33), INPE (18), Petrobrás (Cenpes e Depex, 30). O caso da produção científica da Petrobrás em Geologia é notável: é o único, em todo o Brasil, de uma empresa que ombreia com as universidades, na produção científica veiculada internacionalmente.

Na área de Geociências o impacto das políticas econômicas e ambientais faz-se sentir muito fortemente, mais que em muito outras áreas. Por esta razão, o dimensionamento dos recursos humanos e das atividades de pesquisa tem de ser feito com grande atenção àquelas políticas.

No seu conjunto, a área de Geociências tem uma baixa densidade de profissionais atuantes, que é de uma ordem de grandeza inferior à dos países que têm uma extensão territorial parecida, como o Canadá, Austrália, Estados Unidos, China e Rússia. O número de meteorologistas é pequeno e o de geofísicos é irrisório, apesar da grande importância das respectivas sub-áreas.

Para que o papel das geociências, na busca e gestão dos recursos minerais possa ser adequadamente exercido, é necessário agir em duas direções. Primeiro, revendo a legislação existente, a própria Constituição, excessivamente "nacionalista" no capítulo

sobre subsolo e bens materiais, acaba dificultando a realização de investimentos no setor mineral. Segundo, é necessário obter um maior grau de coordenação das atividades no setor, através de, por exemplo, um Serviço Geológico Nacional e um Sistema Nacional de Meteorologia.

4.5 Engenharias (Carneiro, 1993)

O ensino de Engenharia no Brasil tem como marcos históricos a fundação da Real Academia Militar (1810), da Escola Politécnica do Rio de Janeiro (em 1874, hoje Escola de Engenharia da UFRJ), Escola de Minas de Ouro Preto (1875), Escola Politécnica de São Paulo (1894, hoje EPUSP), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1950), COPPE (1965) e Unicamp (1967).

A população de engenheiros é pequena (5 por mil trabalhadores da população economicamente ativa, contra 15 a 25 por mil, em países do primeiro mundo); apenas 10% do alunado de graduação das universidades está matriculado em cursos de engenharia, contra mais de 25%, nos Estados Unidos. Além disso, há uma forte concentração de alunos nos cursos de engenharia civil (45% contra 14% nos Estados Unidos). A profissão é regulamentada pela Resolução 48/76 do Conselho Federal de Educação, que hoje tornou-se inadequada e cuja revisão apenas começou. É possível que duas mudanças ocorram, no futuro: um aumento da flexibilidade e agilidade das Escolas de Engenharia na modernização das suas estruturas curriculares e a implantação de metodologias de avaliação de cursos de graduação.

Portanto, a situação atual dos cursos de graduação em engenharia tem distorções sérias, que explicam a pouca importância das atividades de desenvolvimento tecnológico industrial, no País.

A pós-graduação teve início na década de 60, no ITA e na UFRJ, disseminando-se durante esta década. Nessa disseminação tiveram grande participação egressos da COPPE e do ITA, dos quais muitos obtiveram seu doutorado no Exterior.

O alunado de pós-graduação em engenharias é expressivo com relação a outras áreas no Brasil, mas reduzido com relação a países desenvolvidos. Os dados fornecidos por Carneiro são bastante detalhados e informam, por exemplo, que dos 1435 doutores que obtiveram seus títulos no Brasil, em 1991, 173 são engenheiros; nos Estados Unidos, em 1989, doutoraram-se 4536 engenheiros, em um total de 34.319 doutores. A relação professor/aluno nos cursos de Engenharia é inferior à média de todas as áreas de conhecimento.

A preferência dos estudantes de pós-graduação é pela engenharia elétrica (25%), seguida da mecânica(16%), engenharia de produção (15%) e civil (13%)

A avaliação da produção científica e tecnológica da área de Engenharia só é possível distinguindo as diferentes áreas. Por exemplo, a produção dos cursos da área de Engenharia Mecânica e Aerospacial (285 docentes com doutorado, 427 alunos ingressantes em mestrado, 104 em doutorado, em 1991) tem as seguintes características: o número de publicações em periódicos regulares é pequeno (em 91, 96 artigos em revistas nacionais e 53 em revistas internacionais), embora o número de teses seja elevado (213 de mestrado e 34 de doutorado); há um grande número de apresentações em congressos (422 nacionais, 297 internacionais) e duas patentes.

Há muita diversidade entre os padrões de produção científica das diferentes sub-áreas bem como entre os padrões de avaliação de desempenho dos pesquisadores. Há 3 pesquisadores de nível IA e 17 de nível I na Engenharia Elétrica e Biomédica, entre os 409 docentes doutores e 357 titulados, que publicaram 125 artigos em 1991 (79 no exterior). Nas sub-áreas de Engenharia Química e de Produção os números de pesquisadores I e IA são proporcionalmente superiores a estes, o que evidencia uma disparidade de critérios de avaliação.

Dentro de cada sub-área há diferenças muito grandes de produtividade, entre as diferentes universidades. É comum que mesmo grupos líderes nas suas respectivas temáticas em escala nacional não tenham estatura internacional. Há alguns grupos altamente produtivos, que podem ser comparados a grupos de países desenvolvidos. A atuação destes grupos começa a se refletir internacionalmente através de publicações em revistas de renome e de livros no exterior. A interação com o setor produtivo tem propiciado o envolvimento de alguns grupos em projetos de grande conteúdo tecnológico. Esta interação não vem sendo quantificada por falta de indicadores adequados. Carneiro propôs um indicador baseado no valor total de convênios e contratos assinados por docente e por ano, porém tal indicador necessitaria que fosse criada uma cultura de coleta de dados que encontrará dificuldades de adoção em várias instituições.

Os comitês assessores do CNPq prepararam estudos sobre as necessidades de recursos das áreas de engenharia. Os valores obtidos situam-se entre 23 e 14 mil dólares por pesquisador ativo. Os números de recipientes desses recursos seriam: engenharia civil, 200; elétrica e biomédica, 200; engenharia química, 70 projetos individuais mais 50 projetos integrados.

Há uma preocupação com os custos das bolsas no exterior (US$10,5 milhões/ano, no CNPq), uma vez que há setores no país capazes de absorver alunos dentro de elevado padrão de qualidade e a um custo muito inferior (US$25,000/ano de bolsa no exterior, US$5,500 no país, incluindo bolsa e custeio). Parte dos recursos destinados a bolsas no exterior poderia ser destinado aos cursos brasileiros de alta qualidade. No momento, as vantagens oferecidas direcionam os melhores alunos para o doutorado no exterior.

4.6 Botânica, Ecologia, Genética e Zoologia (S. Dietrich, 1993)

São grandes áreas da Biologia comumente rotuladas nas agências de fomento à pesquisa de Ciências Biológicas enquanto que os outros setores mais diretamente ligados ao homem e à Medicina são denominados de Ciência Fisiológica ou Bio-médicas básicas (Fisiologia, Bioquímica, Farmacologia, Parasitologia etc). A importância da pesquisa nessas áreas intensificou-se com o recente surgimento de uma consciência internacional sobre os problemas de ecologia e biodiversidade para assegurar um desenvolvimento sustentável, que preserve as condições de vida do nosso planeta. Nosso país, detentor de uma das maiores reservas de animais e plantas, tem, conseqüentemente, uma enorme responsabilidade, mas também uma grande potencialidade de alcançar competência para explorar racionalmente os recursos. Igualmente o setor é essencial, particularmente pela Genética, para dar suporte científico para o desenvolvimento da Biotecnologia Moderna que utiliza técnicas de Biologia Molecular para manipular o código genético, melhorando e criando nossas espécies. As Ciências Biológicas como um todo, somadas à Saúde, detêm aproximadamente 35% dos pesquisadores nacionais e respondem por cerca de 50% de nossa produção internacional (Brisola). O trabalho de Sônia Dietrich assinala que o número e a produtividade dos pesquisadores nessa área é pequeno e muito aquém de nossa necessidade, com uma distribuição irregular concentrando-se a maior parte no Sul e Sudeste enquanto que as áreas com maior diversidade florística e faunística (Amazônia e Pantanal) estão desfalcadas de pesquisadores e cursos de pós-graduação. De maneira geral, a Botânica e a Zoologia mantêm abordagens e metodologias tradicionais, enquanto que a Genética e a Ecologia estão relativamente mais desenvolvidas, procurando incorporar as metodologias mais atualizadas.

Marco histórico no desenvolvimento da História Natural no país foi a criação por Dom João VI em 1808 do Horto Botânico Real, hoje Jardim Botânico do Rio de Janeiro, e a criação do Museu Nacional. Com Maurício de Nassau veio George Marcgraf que em 1648 publicou a "História Naturalis Brasiliae". No século XVIII, destaca-se o trabalho do Frei José Maria da Conceição Velloso reconhecido como o pai da Botânica Brasileira, aparecendo entre 1840 a 1908 a monumental obra de Martius "Flora Brasiliensis" de 40 volumes, catalogando mais de 20.000 espécies da nossa flora. Digno de nota é que nessa obra colossal colaboraram 38 botânicos alemães, 7 austríacos e vários de outras nacionalidades, mas nenhum brasileiro. Nessa fase histórica destaca-se, também, o trabalho de Saint-Hilaire (1816-1822). A fase verdadeiramente nacional inicia-se nos fins do século passado e início deste com a criação de institutos para resolver problemas da Agricultura e da Saúde (Agronômico, 1887, Manguinhos, 1899 e Butantan). As pesquisas em Genética se desenvolveram na década de 30 com Carlos Arnaldo Krüg no Instituto Agronômico de Campinas e F.G. Brieger na ESALQ/USP com programas de melhoramento do café, algodão e milho. Na USP a partir de 1930 houve grande impulso na Botânica com Félix Rawitscher, na Genética com André Dreyfus e Zoologia com Ernst Marcus.

Atualmente as áreas têm 479 pesquisadores catalogados como bolsistas no CNPq (Genética, 157; Zoologia, 128; Botânica, 118 e Ecologia, 76) com uma tendência de a Zoologia e a Botânica terem uma maior porcentagem de pesquisadores no topo da carreira e a Genética e a Ecologia apresentarem uma distribuição mais equilibrada, sugerindo renovação com a incorporação de novos pesquisadores. A Botânica está representada por pesquisadores em 37 instituições, a Zoologia em 33, a Genética em 26 e a Ecologia em 21. Os principais núcleos de Botânica encontram-se na USP, no Instituto de Botânica-SP, na UNICAMP, UNESP-Botucatu, UFRS, Museu Emílio Goeldi e Jardim Botânico, do Rio de Janeiro. Para a Ecologia deve ser acrescentada a UF de São Carlos e para a Genética e a Ecologia a UFRJ, UF Viçosa, FIOCRUZ, a UFPR e o INPA. Importante ressaltar o grande contingente de pesquisadores em Institutos de pesquisa que não oferecem cursos de graduação e pós-graduação. Quanto à distribuição geográfica, como nos demais setores da ciência no Brasil, há uma maior concentração de pesquisadores na região Sul e Sudeste. A Botânica é que tem distribuição mais equilibrada, atribuindo-se em parte aos resultados dos programas do CNPq para a área (Programa Flora, década de 70 e Linhas de Ação em Botânica, década de 80).

Apesar de predominarem os trabalhos de Taxonomia e Morfologia na Botânica e na Zoologia, o conhecimento da flora e da fauna nacionais ainda é incompleto. Na Zoologia, a catalogação das aves é satisfatória como, também, a dos peixes e répteis entre os vertebrados e a dos crustáceos, moluscos e aracnídeos entre os invertebrados. Das cerca de 800 famílias de insetos conhecidas, menos de 100 são estudadas no país. Na Botânica também há grande deficiência no conhecimento e catalogação de nossas plantas como é descrito no trabalho de S.Dietrich. A Fisiologia Animal além de ser tratada nos grupos ligados às Faculdades de Medicina e Medicina Veterinária têm importantes grupos ligados aos núcleos de Biologia, realizando trabalhos de Fisiologia Comparada, destacando-se o do Instituto de Biociências da USP. Na Ecologia, há projetos principalmente em Ecossistemas e Ecologia Teórica e Aplicada. A situação da Genética Brasileira merece consideração especial. Considerada uma das áreas de maior destaque, já contava com 150 geneticistas com doutorado só no Estado de São Paulo no início da década de 80. Sofreu um grande impulso com o Programa Integrado de Genética do CNPq e sua produção era numerosa e de boa qualidade, criando-se a Revista Brasileira de Genética, indexada internacionalmente. No entanto, essa posição destacada está sendo comprometida pela lentidão em incorporar o rápido desenvolvimento de novas tecnologias, especialmente aquelas que envolvem o DNA recombinante, além das dificuldades de financiamento da pesquisa, problema comum às demais áreas. Dado significativo é que o maior contingente de Biologistas Moleculares no Brasil está ligado à Bioquímica e Imunologia e não à Genética.

As áreas contam com 43 cursos de Mestrado e 23 de Douturado (Botânica 11 e 5; Ecologia 12 e 5; Genética 9 e 7 e Ecologia 11 e 6) que formaram, em 1991, 244 mestres e 70 doutores com distribuição relativamente equilibrada entre as quatro áreas. O número

de docentes com doutorado é de 867 quase o dobro dos pesquisadores catalogados no CNPq (479).

Cada uma das 4 áreas publica cerca de 300 trabalhos por ano, com predominância daqueles de divulgação nacional para a Botânica e a Zoologia, e equilíbrio entre divulgação nacional e internacional para a Genética e a Ecologia. Além da Revista de Genética já mencionada, a Revista Brasileira de Botânica foi também indexada recentemente no ISI.

O trabalho de S. Dietrich ressalta a responsabilidade nacional de preservar a Biodiversidade ao mesmo tempo em que o país se capacita para, através de um desenvolvimento sustentável, explorar economicamente os recursos existentes em benefício dos legítimos interesses dos país. Abrigamos a mais diversificada e menos conhecida flora e fauna do mundo com recursos genéticos incalculáveis que rapidamente podem ter interesse econômico pelo emprego das técnicas de engenharia genética. Várias sugestões são apresentadas acelerar o estudo dos nossos ecossistemas, incluindo-se critérios para a seleção daqueles que merecem prioridade. Nesse particular, deve ser ressaltado o programa "Cerrado-Caatingas" em desenvolvimento pela Academia Brasileira de Ciências.

4.7 Ciências fisiológicas (A. Paiva, 1993**)**

Denominam-se comumente de Ciências Fisiológicas aquelas disciplinas das Ciências Biológicas mais diretamente ligadas ao Setor de Saúde; são, também, chamadas por isso de Ciências Bio-Médicas básicas e compreendem: a Bioquímica, a Biofísica, a Farmacologia, a Fisiologia, a Microbiologia, a Imunologia, a Parasitologia, as disciplinas Morfológicas (Anatomia, Histologia e Embriologia) e, mais recentemente, a Biologia Celular. É um dos setores de maior tradição científica no país cuja produção sempre contou com uma boa porcentagem de trabalhos veiculados em revistas de divulgação internacional. Enfrenta, nesse momento, o grande desafio de modernizar as suas linhas de pesquisa para acompanhar os rápidos progressos verificados nos países mais avançados com a introdução de novas metodologias, principalmente as ligadas à Biologia Celular e Molecular, sem o que deixará de ser uma ciência competitiva em termos internacionais. A pesquisa no setor, orientada para a obtenção de novos conhecimentos aplicáveis ao homem em condições fisiológicas ou nas doenças, desenvolveu-se principalmente nas Faculdades de Medicina que contavam com professores nas áreas básicas dedicadas exclusivamente às atividades universitárias. Também em alguns institutos ligados ao setor de saúde, como o Oswaldo Cruz no Rio de Janeiro e o Butantã e o Biológico em São Paulo. Com a reforma universitária no fim da década de 60, as Ciências Fisiológicas foram desligadas das Faculdades (Medicina, por exemplo) e passaram a integrar os Institutos Centrais das Universidades com a notável exceção da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e da Escola Paulista de Medicina que funcionavam na época como instituições isoladas. Discutem-se ainda os efeitos negativos

da medida para o desenvolvimento científico das áreas profissionais, particularmente a pesquisa nos hospitais universitários. Mais recentemente, o setor passou a desempenhar nos países avançados um papel relevante para dar suporte científico aos polos de Biotecnologia que se desenvolveram nos arredores das Universidades. Conforme é acentuado no trabalho de A. Paes de Carvalho (1993), isso já está se iniciando no nosso país e a solicitação de mais profissionais com melhor qualificação para o desenvolvimento da Biotecnologia é o grande desafio que o setor irá enfrentar.

Segundo A. Paiva (1993), o número de profissionais atuando no setor é de 3849 a julgar pelo número de sócios das diferentes Sociedades Científicas, deles 1946 tem Doutorado (436 na Bioquímica, 329 na Fisiologia, 244 na Farmacologia, 235 na Parasitologia, 211 na Microbiologia, 210 na Morfologia, 193 na Imunologia, e 88 na Biofísica) e desses, 600 atuam como orientadores de teses em cursos de pós-graduação,

O setor conta com 55 cursos de Mestrado com 1235 alunos, titulando 281 por ano (taxa de 23%) e 30 cursos de Doutorado com 898 alunos, titulando 133 por ano (taxa de 15%). Aqui, como nos demais setores, o tempo médio de 4 anos para formar um Mestre e mais 6 anos para formar um Doutor é considerado excessivo. Há tendência nas agências de não mais conceder bolsa de Mestrado no exterior para o setor, mais ainda existe um razoável número de alunos cursando o Doutorado fora do país (92 no CNPq). Existe consenso de estimular o pós-doutorado no exterior para complementar a formação científica e, mais recentemente, está-se dando preferência para as bolsas tipo "sanduíche" quando o aluno vai ao exterior para realizar parte de sua Tese de Doutorado trazendo para os grupos avanços metodológicos. A formação de nossos pesquisadores é, portanto, excessivamente lenta e o seu número muito baixo quando comparado com o dos países desenvolvidos.

Conforme destaca A. Paiva (1993), apesar de os 600 orientadores existentes estarem orientando em média 3.5 estudantes de Mestrado e Doutorado, o número que formamos por ano em proporção à nossa população é pequena. É de apenas 7.5% dos Mestres e 5% dos Doutores formados nos E.U.A.., considerando-se a população dos dois países. Dentre as dificuldades que deverão ser superadas, ressalta-se a de melhorar o desempenho científico de nossos grupos de pesquisa o que, naturalmente, depende das condições de funcionamento e do estado atual da Ciência em nosso país.

O setor produz cerca de 750 trabalhos completos por ano com aproximadamente 330 em revistas de divulgação internacional, o que corresponde a 11% do total da produção brasileira. De acordo com A. Paiva (1993), a produtividade do setor é de 0.4 trabalhos completos/doutor/ano. Para a Bioquímica, que é a disciplina com produtividade mais alta, o número de trabalhos internacionais é de 0.45/investigador/ano para um total de 487 pesquisadores, atuando em 19 grupos ativos. Reflexo do desenvolvimento da área foi a criação do "Brazilian Journal of Medical and Biological Research" que publica em inglês cerca de 200 trabalhos por ano e que aparecem nos principais indexadores

internacionais, particularmente no ISS de Filadélfia. Igualmente importante foi a criação da "Federação das Sociedades de Biologia Experimental" reunindo as principais Sociedades Científicas do setor e que já realizou 8 Reuniões Anuais, a última com cerca de 1400 trabalhos apresentados como temas livres. Como nas demais áreas nas Ciências Fisiológicas, os grupos de pesquisa produtivos responsáveis pelos programas de doutorado concentram-se na região sudeste e sul (73% dos cursos de Mestrado e 90% os de Doutorado).

O trabalho de A. Paiva (1993) analisa o estado da arte das diferentes disciplinas da área. Destacando-se: **Bioquímica**, a que tem o maior número de pesquisadores, a mais alta produtividade e a que está procurando mais rapidamente incorporar as novas técnicas de Biologia Molecular. **Biofísica,** tem uma característica multidisciplinar e grande parte da produção da Bioquímica nacional depende de Departamentos de Biofísica. **Fisiologia,** a de mais longa tradição mas que está necessitando, como a Fisiologia em todo o mundo, de modernizar as suas metodologias. **Farmacologia**, constata-se um certo grau de estagnação necessitando renovação para enfrentar os desafios da Biotecnologia. **Parasitologia,** a pesquisa em doença de Chagas e leishmanioses é bem desenvolvida, havendo carência em diversos setores como malária, amebiose etc. **Microbiologia**, apenas, a microbiologia clínica é desenvolvida faltando grupos para estudos de genética e fisiologia dos microorganismos. **Imunologia**, é uma das disciplinas fundamentais para a Biotecnologia e tem tido no mundo um crescimento acelerado; no país, os grupos ativos em imunologia são relativamente poucos. **Morfologia**, as disciplinas de Anatomia, Histologia e Embriologia por serem obrigatórias nos currículos das carreiras de saúde têm um grande número de docentes, mas apenas um reduzido número (130) tem curso de doutorado. A área publica cerca de 86 trabalhos internacionais por ano. Isso se deve à falta de modernas linhas de pesquisa para o setor baseadas em Biologia Celular e Microscopia Eletrônica.

4.8 Área de Saúde (O. Ramos, 1993)

A área de Saúde engloba, além das áreas chamadas "médicas", a Medicina e a Odontologia o conjunto das pára-médicas, Enfermagem, Fisioterapia, Nutrição, Fonoaudiologia, Terapia Educacional e Educação Física. Corresponde a aproximadamente 17% dos Doutores do país e 19% da produção científica internacional (Brisola, 1993).

Dos 1.500.000 dos alunos de graduação matriculados na Universidade, 11.5% são da área da Saúde com cerca de 30.000 completando o curso anualmente .

! **Medicina**:

As primeiras Faculdades foram criadas em 1808 (Rio de Janeiro e Bahia) e até 1960, existiam 28 no país, passando desde então por um crescimento explosivo e alcançando o número de 80 em 1992. Dessas, 46 são governamentais (32 Federais, 11 Estaduais e 3 Municipais) e 34 privadas, graduando cerca de 7.400 médicos/ano. O número de médicos em atividade é cerca de 210.000 (41% mulheres) o que corresponde a 1.4 médico/1000 habitantes cifra considerada razoável, exceto pela excessiva concentração nos grandes centros urbanos. Conforme é acentuado no trabalho de Oswaldo L. Ramos, o padrão das Faculdades é heterogêneo, a grande maioria não respondendo aos critérios internacionais de qualidade. A pesquisa é realizada em algumas poucas Faculdades, geralmente localizadas no Sudeste e Sul do país. Uma das razões freqüentemente apontadas para o fraco desempenho científico foi a transferência das disciplinas básicas para os Institutos de Biociências (ou Biomédicos) com a reforma universitária de 1970.

A residência médica desempenha um importante papel na complementação da educação médica e no início do treinamento especializado, embora como acentua O.Ramos, o título de especialista não seja concedido pela Universidade, mas sim regulamentado e outorgado pelas Sociedades Médicas. Há cerca de 11.500 médicos ligados ao Programa de Residência Médica com cerca de 80% deles concentrados na região Sudeste/Sul. O número de vagas oferecidas anualmente nas residências credenciadas é de 4795 (elevando-se para 5.225 quando se incluem as em via de credenciamento) para uma demanda de cerca de 7.400 médicos formados. A atividade do setor é fiscalizada e normatizada pela Comissão de Residência Médica do MEC.

Conforme relata O. Ramos, a pós-graduação na área médica, implantada no início da década de 70 como nas demais áreas, ainda desperta pontos polêmicos, particularmente considerando-se a longa duração do curso médico (6 anos) seguido dos 2-3 anos de residência que são exigidos antes de iniciar-se a pós-graduação senso estrito. Embora haja consenso no papel do Doutorado para o treinamento científico, discute-se a importância do Mestrado, quando a residência já deu uma boa contribuição para a formação profissional após a Graduação. Existem 151 cursos de Mestrado com 3.468 alunos titulando cerca de 15% ao ano e 101 cursos de Doutorado com 1.475 alunos, titulando, também, cerca de 15% ao ano. Os cursos são organizados em grandes áreas (Clínica Médica, Clínica Cirúrgica etc) e nas sub-especialidades tradicionais como Nefrologia, Endocrinologia, Cardiologia, Pneumologia etc., onde o desenvolvimento científico é mais intenso e as teses terminam por serem publicadas em revistas de padrão internacional. O número de pesquisadores que atuam na área médica é muito superior aos 583 existentes como bolsistas do CNPq, uma vez que não é comum os docentes dos Hospitais Universitários solicitarem esse tipo de bolsa. Estima-se em 400 o número de artigos publicados em revistas de divulgação internacional, o que corresponde a 0.2% da produção mundial (para Clínica Médica) quando o total da produção científica brasileira corresponde a 0.3% da mundial. Fator crítico para o desenvolvimento da pesquisa na área médica é a melhoria das condições de aparelhamento e funcionamento dos hospitais

Universitários do país que exigem a ação integrada dos Ministérios da Saúde, Educação e de Ciência e Tecnologia.

! **Odontologia:**

Existem 83 Faculdades de Odontologia no país (50% governamentais e 50% privadas) formando aproximadamente 7.000 dentistas por ano. O total de profissionais atuando no país é de 115.692 (70% mulheres) distribuídas em 14 especialidades. O número pode ser considerado excessivo quando em outros países estão sendo desativadas as Faculdades de Odontologia em parte porque a cárie dental está desaparecendo. No Brasil, ainda temos um altíssimo índice de 6.7 cáries aos 12 anos de idade. Conforme acentua o trabalho de O. Ramos, 19 das 83 Faculdades podem ser consideradas de bom padrão e desenvolvem pesquisa. Na Odontologia, há uma forte tradição de cursos de especialização (210 cursos em funcionamento) muito procurados porque habilitam e tornam os profissionais mais competitivos para enfrentar o mercado de trabalho. A área conta com 56 cursos de Mestrado com 662 alunos titulando cerca de 20% ao ano e 33 cursos de Douturado com 228 alunos titulando 29% ao ano. A Odontologia tem 80 pesquisadores recebendo bolsa do CNPq.

! **Enfermagem**:

O primeiro curso de enfermagem no país foi criado no Rio de Janeiro na década de 20. Atualmente existem 110 Escolas de Enfermagem graduando mais de 3.500 alunos por ano. O número de enfermeiras formadas em atividade é reduzido (57.047) quando comparado com outros países aonde o número é geralmente 5 vezes maior do que os dos médicos. Conforme comenta O.Ramos, isso se deve ao fato delas executarem funções mais de cunho administrativo quando a assistência ao doente é prestada por técnicos de enfermagem (42.930), auxiliares de enfermagem (163.350) e atendentes (cerca de 300.000). Também os médicos com salários relativamente baixos executam tarefas que seriam próprias de enfermeiras. Existem 12 cursos de Mestrado em Enfermagem com 225 alunos titulando 32% ao ano e 4 cursos de Doutorado com 79 alunos e titulando 9% ao ano.

! **Educação Física:**

O ensino de Educação Física começou de maneira informal com imigrantes alemães e depois por influência da Missão Militar Francesa em 1900, conforme descreve O.Ramos. Atualmente, existem mais de 100 cursos universitários de licenciatura e bacharelado. Muito difundido na área, são os cursos de pós-graduação "lato-sensu" (cerca de 400). Quanto à pós-graduação, existem 8 cursos de Mestrado com 303 alunos titulando 9% ao ano e apenas 1 curso de Doutorado com 8 alunos matriculados.

! **Terapia Ocupacional**:

Desenvolveu-se inicialmente para atender a carências de serviços assistenciais em saúde coletiva (Saúde Mental, Saúde do Idoso e Reabilitações Materno-Infantil) e foi depois ampliada para atender outros setores. A especialidade surgiu no país em 1959 com a criação do Instituto Nacional de Reabilitação junto ao Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HC-FMUSP. Atualmente existem 16 cursos, 9 localizados na região Sudeste. Conforme acentua O.Ramos, a qualificação do corpo docente é ainda deficiente, não existindo cursos de pós-graduação no setor com a formação de docentes/pesquisadores, sendo feita em áreas afins (Psicologia, Educação Física, Saúde Pública etc.).

4.9 Ciências Agrárias (J.L. de Azevedo, 1993)

O trabalho de João Lúcio de Azevedo (1993) destaca a importância das Ciências Agrárias para a economia do País: 40% do PIB depende da Agropecuária e Agrobusiness. As primeiras Escolas superiores de Agricultura surgiram nos fins do século passado e início deste (São Bento das Lages, BA; Eliseu Maciel em Pelotas, RS; Luiz Queiroz, Piracicaba, SP; Lavras, MG). A primeira de Veterinária, em 1910, no que é hoje a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Atualmente, a área conta com 124 cursos de Graduação com 50.000 alunos, 126 cursos de Mestrado e 43 de Douturado. De acordo com Brisola (1993), a área tem 12% dos doutores em atividade no país e responde por 6% da nossa produção científica internacional. A pesquisa foi desenvolvida nas Universidades e também em Institutos (no Estado de São Paulo, em 1887, a Estação Agronômica de Campinas, depois Instituto Agronômico, o de Zootecnia, 1905 e o Biológico, 1927). Mais recentemente, destacam-se o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR-1972) e a Empresa Brasileira de pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA-1973). Também a pesquisa de determinadas culturas foi desenvolvida em empresas privadas como a COPESCAR na cana-de-açúcar. Exemplos de pesquisa com sucesso no País são:

1. novas variedades de cana-de-açúcar
2. híbridos de milho e hortaliças
3. variedades melhoradas de feijão, soja, trigo, arroz e café
4. elevação da produtividade de florestas
5. aplicações da energia na preservação dos alimentos
6. uso racional do cerrado
7. equipamentos, sistemas de irrigação, biogás.

O trabalho de J.L. de Azevedo faz uma análise pormenorizada de cada uma das áreas que integram as ciências agrárias, destacando-se os seguintes aspectos:

! **agronomia**

A área conta com cerca de 5.000 pesquisadores (2.200 com Mestrado e 1.100 com Doutorado), distribuídos na EMBRAPA (1.600) Universidades (800) e nos institutos estaduais de pesquisa e empresas. A **Fitotecnia** que trata do aumento da produtividade das plantas cultivadas tem enorme importância, considerando-se que o consumo de proteínas no País caiu de 87g/dia para 70g/dia. A **Fitossanidade** que trata das doenças e pragas tem a responsabilidade de diminuir o prejuízo causado pelas pestes: atualmente, cerca de 50% do produzido é destruído. A **Biotecnologia** deve desempenhar um papel cada vez mais importante na substituição dos agroquímicos pelo controle biológico das pragas. A **Ciência do Solo** desempenha um importante papel nos estudos de biologia e conservação do solo, na adubação etc. O País vem apresentando resultados excelentes, com repercussão internacional, no campo da fixação do nitrogênio por bactérias não simbióticas. A **Extensão Rural** é um setor que deve ser incrementado para assegurar a rápida transferência de tecnologia gerada no laboratório para a agricultura.

O trabalho de J.L. de Azevedo traz subsídios importantes para se analisar o estado da arte nas principais plantas cultivadas no país: café, cana-de-açúcar, soja, milho, arroz, feijão, hortaliças e fruteiras de clima tropical e temperado. A pesquisa no setor se ressente de duas dificuldades principais: 1. a lentidão na introdução generalizada de novas tecnologias, particularmente as oriundas do DNA recombinante e da Biologia Molecular. 2. A deficiência de equipamentos e as dificuldades de funcionamento que se verificam generalizadamente no laboratórios da área, devido às restrições de financiamento para pesquisa nos últimos anos.

! **Engenharia florestal**

É uma área de importância estratégica para o País. Só na Amazônia, contamos com 30% da reserva mundial de florestas tropicais. Dado preocupante é a necessidade de reflorestamento. Exportamos cerca de 2.5 bilhões de dólares em celulose e papel, mas apenas cerca de 25% das necessidades são supridas pelo reflorestamento, o restante é fornecido pela depredação de florestas nativas. Nesse particular, deve ser destacado o "Projeto FLORAM" elaborado no Instituto de Estudos Superiores da USP e que propõe um minucioso e extenso programa de florestamento e reflorestamento no País, com aproveitamento de novas áreas para florestas. A área conta com cerca de 200 pesquisadores (60 na EMBRAPA), distribuídos em 20 grupos ativos de pesquisa e forma 160 engenheiros florestais por ano. A pesquisa vem sendo feita em Universidades, na EMBRAPA e no IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais) na ESALQ/USP que reuniu inicialmente 5 empresas e hoje conta com 23 empresas associadas.

É uma área desenvolvida recentemente no País mas com grande perspectiva. Um exemplo das nossas enormes vantagens climáticas é o curto tempo de 7 anos para explorar economicamente uma floresta de eucalipto, enquanto que no Canadá tardam-se 70 anos. A preocupação com a Ecologia e com o Desenvolvimento sustentável trazem, também, grande oportunidade para o desenvolvimento da Engenharia Florestal no País.

! **Zootecnia, medicina veterinária e aquicultura**

Temos um dos maiores rebanhos do mundo, mas a produtividade é muito baixa quando comparada com a Austrália, EUA e Europa. De maneira geral, a eficiência biológica e econômica da nossa produção animal está muito aquém da desejada. Estima-se que, na bovinocultura, estamos com uma defasagem de 90 anos em relação aos países de alta tecnologia no setor, com uma taxa de desfrute de apenas 12% dos bovinos, quando comparada com os 31% da Argentina e 42% dos EUA. Bem melhor está a avicultura que é competitiva em termos internacionais. A **Zootecnia,** que se dedica aos animais domésticos, e a **Medicina Veterinária**, que trata da saúde dos animais, têm uma força de pesquisa equivalente: cerca de 800 pesquisadores (650 doutores) cada uma, enquanto que a **Aquicultura**, dedicada aos peixes, é bem menor.

No trabalho de J.L. de Azevedo, tem-se um panorama geral das principais linhas de pesquisa desenvolvidas no País em aquicultura, em bovinos, suínos, caprinos, bubalinos, equídeos, ovinos e aves.

A baixa produtividade em **Zootecnia** só pode ser superada com a ampliação das pesquisas empregando as modernas ferramentas da biotecnologia para a obtenção de genótipos superiores. Especial atenção deve ser dedicada à melhoria das condições dos rebanhos e ao controle e/ou erradicação das doenças que comprometem a produtividade e dizimam os animais. Na **Aquicultura,** deve ser incrementado o uso racional das espécies existentes, bem como o cultivo de espécies mais produtivas economicamente.

! **Engenharia agrícola**

É importante para a racionalização da infra-estrutura da área agrícola, através de estudos sobre irrigação e drenagem, mecanização, construções e de estudos e energizações rurais, armazenamento e processamento de produtos agrícolas. É de desenvolvimento mais recente no País, com a primeira turma de engenheiros agrícolas formada em 1977 na Universidade Federal de Pelotas, RS.

! **Alimentos**

A área não está relacionada diretamente com a produção de alimentos, por isso, não se enquadra naturalmente nas Ciências Agrárias. O primeiro curso de Graduação foi criado na UNICAMP, tendo como propulsor o ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos) da Secretaria de Agricultura, SP, sediado em Campinas.

Além das recomendações específicas feitas para cada uma das áreas, o trabalho de J.L. de Azevedo destaca que as Ciências Agrárias, em proporção às outras áreas,

recebem poucos recursos das agências de fomento à pesquisa no País. Estima-se que o setor recebe em média, menos de 15% do total (8.21% em 1991 da FAPESP).

4.10 Biotecnologia (Paes de Carvalho, 1993)

Considera-se como biotecnologia toda a tecnologia de produção industrial que utiliza seres vivos ou partes funcionais isoladas dos seres vivos. Na seleção de seres vivos para uso industrial, a Biotecnologia Clássica utiliza o isolamento, a seleção e os cruzamentos genéticos naturais entre espécies e variedades sexualmente compatíveis. Através da fermentação com microorganismos a Biotecnologia Clássica obtém antibióticos, álcool, vinho, cerveja, aminoácidos e outras substâncias químicas de valor comercial. Importante, também, é o melhoramento vegetal e a obtenção de soros e vacinas. A Biotecnologia Clássica, como destaca o trabalho de Paes de Carvalho, é bem desenvolvida no País representando 5% do nosso PIB e empregando cerca de 1 milhão de pessoas.

Nosso grande desafio é o desenvolvimento da Biotecnologia Moderna que se dedica à obtenção de outros seres vivos não encontráveis na natureza através da transformação genética ("engenharia genética" que emprega técnicas da Biologia Molecular) e de otimizações fisiológicas. Um bom exemplo do emprego da "engenharia genética" é a obtenção da insulina humana pela inserção do gene na "Escherichia coli", que passa a produzi-la. Na otimização fisiológica, pela fusão de células, obtém "hibridomas" para produzir anticorpos monoclonais. Destaca-se, também, a manipulação de partículas subcelulares para produção de enzimas, biosensores, sondas moleculares, etc.

Enquanto que a Biotecnologia Clássica é praticada em empresas de médio e grande porte, chamadas de Empresas de Bio-produção (EBPs), a Biotecnologia Moderna é desenvolvida usualmente em pequenas e médias empresas chamadas de Empresas Dedicadas à Biotecnologia (EDBs). As EDBs aparecem mais recentemente, com os notáveis progressos verificados nos últimos 25 anos na Biologia Celular e na Biologia Molecular. A análise de 1231 EDBs nos EUA mostra que a maioria se originou com "spin off" do ambiente universitário, 85% localizam-se em 15 parques tecnológicos nos arredores de Universidades sendo iniciadas com capital de risco e desenvolvidas com recursos privados de grandes investidores e lançamentos em bolsa de valores. Mais de 50% delas dedicam-se ao setor de saúde (diagnóstico e terapêutica). Nota-se mais recentemente um crescimento promissor nas relacionadas à agroindústria. As EBDs americanas tiveram em 1991 uma receita de 8.1 bilhões de dólares, empregando 79.000 pessoas das quais 18.000 cientistas.

No Brasil, a Biotecnologia Moderna recebeu a ação indutora do governo através do Programa Nacional de Biotecnologia (PRONAB, 1981) e dos subprogramas de Biotecnologia do PADCT (I:85-90, II:90-95). Foi criada a Secretaria Especial de Biotecnologia no MCT (hoje Departamento de Biotecnologia e Química Fina) e o Centro Brasileiro -Argentina de Biotecnologia CEBAB/CABBIO). O setor recebe também o apoio do programa de Recursos Humanos para Áreas Estratégicas (RHAE).

Importante papel para o desenvolvimento da Biotecnologia Moderna no país vem sendo desempenhado pelos parques e "incubadeiras de empresas" que, a semelhança dos países industrializados, estão ligados a centros de pesquisas e desenvolvimento em Biotecnologia: BIO-RIO, BIO-MINAS, UNICAMP, CDB/Joinville, UnB/ CENARGEN e Departamento de Biotecnologia da UFRS. A Associação Brasileira das Empresas de Biotecnologia (ABRABI), criada em 1986 com 8 membros, contava em 1991 com 40 associadas. Estima-se existirem aproximadamente 350 empresas de Biotecnologia no país entre as dedicadas à Biotecnologia Clássica e Biotecnologia Moderna, cerca de 36% delas dedicadas à Saúde (Humana e Animal). Apenas 30% são ativas em pesquisa e desenvolvimento empregando cerca de 100 pesquisadores.

No trabalho de Paes de Carvalho são examinados pormenorizadamente os requisitos, necessidades e dificuldades para o desenvolvimento da Biotecnologia no país, além de acentuar-se a sua enorme potencialidade com impactos na Saúde, na Agricultura e Agro-Indústria, na Ecologia e na Biônica. Como ela emprega processos de natureza bioquímica e biofísica, tem o seu embasamento científico nas Ciências Biológicas (Bioquímica, Biofísica, Fisiologia, Farmacologia, Genética, Microbiologia, Parasitologia, Virologia, Imunologia nas chamadas Ciências Fisiológicas dependendo, também, das outras ciências biológicas como Ecologia, Botânica e Zoologia). Tem estreita ligação com a Química Fina e de produtos naturais e com a Engenharia Molecular. Também depende da gestão tecnológica e, finalmente, do importante elo com o setor de produção e de comercialização.

Deve ser ressaltada a condição favorável para o desenvolvimento da Biotecnologia Moderna no país representada pelos recursos humanos existentes nas Ciências Biológicas, que somadas aos do setor da Saúde, representam 35% dos pesquisadores nacionais. Estima-se que só em Biotecnologia existam 5.500 pesquisadores (2100 com mestrado ou doutorado) dos quais apenas 5 a 10% na Indústria, estando a grande maioria lotada nas Instituições Públicas. O contingente mais numeroso dedica-se à Biologia humana e Animal (28%), à Química Fina e Bioquímica (27%) e à Biologia Celular e Molecular (23%).

Há dois exemplos no setor agrícola de viabilidade tecnológica positiva mas de insucesso empresarial para a implantação de indústrias de Biotecnologia Moderna no país. O primeiro caso é a BIOMATRIX (Grupo AGROCERES), empresa originada em 1985 por um grupo de pesquisadores da UFRJ e localizada em Teresópolis, RJ, com atividade

na micropropagação de plantas lenhosas (eucalipto) e semente de batatas livres de vírus. A empresa suspendeu as atividades em 1990. Outro exemplo é a BIOPLANTA (Grupo Souza Cruz) com características semelhantes, sediada nos arredores de Campinas, que operou de 1985 a 1989. As causas do insucesso dessas duas iniciativas de biotecnologia para a agroindústria são analisadas. Já no setor Químico-Farmacêutico, há exemplos de sucesso tanto tecnológico quanto empresarial em Biotecnologia Moderna. O mais notável é o da BIOBRÁS de Montes Claros, MG, que conta com o suporte de pesquisadores da UFMG. Inicialmente dedicada à produção de enzimas industriais, depois à produção de insulina por técnicas extrativas de pâncreas animal, a BIOBRÁS mais recentemente desenvolveu um projeto em que colaboraram a UnB, a USP e a EPM para a obtenção de insulina humana produzida por microorganismos, inteiramente engenheirados no Brasil. Tornou-se, assim, a BIOBRÁS a terceira empresa no mundo a dominar a tecnologia de produção de insulina humana recombinante. Além da BIOBRÁS contamos com a MICROBIOLÓGICA com professores da UFRJ desenvolvendo química fina (AZT para AIDS) e hormônios vegetais e a BIOFILL do Paraná que produz "pele artificial" para queimados com monocamadas de celulose produzidas por bactérias.

É importante ressaltar que o país possui uma base científica apreciável para o desenvolvimento da Biotecnologia Moderna e que através dos Parques Tecnológicos ligados às Universidades, as EDBs poderão ser os tradutores eficazes entre a bancada científica e a indústria. As empresas ligadas à Biotecnologia Clássica são economicamente fortes (faturam cerca de 17 bilhões de dólares/ano), mas poderão ser levadas a optar pela via aparentemente mais "segura" da importação da Biotecnologia Moderna através de "joint ventures" antes do que apostar na via interna ligada ao desenvolvimento nacional. O desenvolvimento da Biotecnologia Moderna no país é o grande desafio que enfrentamos e que ilustra bem a necessidade de uma ação coordenada do Governo, da Universidade e da Empresa. No trabalho de Paes de Carvalho são feitas várias recomendações para aumentar o potencial científico da Universidade e de medidas governamentais para tornar a industrialização do setor mais atraente economicamente e mais competitiva em termos internacionais.

A recente aprovação da lei de incentivos fiscais que permite às empresas aplicarem até 8% do imposto de renda em projetos de desenvolvimento tecnológico poderá ter uma grande impacto no desenvolvimento da Biotecnologia Brasileira.

4.11 Pesquisa no setor militar (Cavagnari, 1993)

A colaboração da comunidade científica com o esforço de guerra das grandes potências começou na primeira guerra mundial e intensificou-se na segunda. A possibilidade de construção da bomba atômica antes do fim da guerra induziu o governo norte americano a estabelecer um novo padrão de relações entre militares e cientistas, que se materializou no Projeto Manhattan e determinou o modelo de organização que viria

a ser adotado nos grandes complexos científico-tecnológicos do pós-guerra. O imenso poder conferido pela ciência aos militares transformou a C&T em um dos elementos essenciais da estratégia.

Os militares brasileiros tomaram consciência disto após a segunda grande guerra e contribuíram decisivamente para a criação de um sistema nacional de ciência e tecnologia. O almirante Álvaro Alberto foi o fundador do CNPq e teve papel importante na fundação do CBPF; a fundação do ITA e do CTA, no âmbito do Ministério da Aeronáutica, foi outro marco decisivo. Esta preocupação aumentou na década dos anos 60. Na falta de uma política de C&T civil, os militares passaram a considerar o seu esforço como o principal vetor das atividades científicas e tecnológicas, no âmbito do Estado. Os esforços dos militares, inicialmente voltados para a modernização da força militar, logo voltaram-se para uma finalidade maior: a construção da grande potência. Divididos entre o programa nuclear autônomo, o programa espacial e o programa do avião subsônico, estes esforços enfrentaram três tipos de dificuldades principais: a oposição interna na fase de redemocratização do país, a falta de recursos e a oposição do governo dos Estados Unidos. Estas dificuldades não têm mudado a postura dos militares quanto à importância dos seus programas de P&D, por duas razões: o sucesso destes programas contribuirá para o reconhecimento da força do país e conferirá poder às Forças Armadas.

Os militares trataram ciência e tecnologia de uma forma muito diferente da dos civís, no Brasil. Enquanto muitos dos ministérios civis tiveram e têm órgãos de desenvolvimento científico e tecnológico mas estes não são sempre expressivos, e órgãos como o CNPq transitaram entre a Presidência da República, o Ministério do Planejamento, o Ministério da Ciência e Tecnologia, de novo a Presidência da República e de novo um Ministério da Ciência e Tecnologia, com reformas, redefinições de fins e de estratégias e uma perene instabilidade de pessoas, orçamentos e propósitos, o estamento militar estabeleceu programas de longo prazo, com metas definidas, uma administração sem descontinuidades e orçamentos razoavelmente estáveis. A diferença entre o que se passou no setor militar e no setor civil pode ser atribuída ao fato de as Forças Armadas terem um referencial teórico no qual o seu futuro está indissoluvelmente ligado à capacitação científica e tecnológica do país; os ministérios civis nunca tiveram uma posição análoga.

O estado-maior de cada uma das três armas formula a política setorial no campo científico e tecnológico, e conta com órgãos específicos para coordenar a sua execução. Há uma Comissão de Ciência e Tecnologia na Marinha, uma Secretaria de Ciência e Tecnologia no Exército e um Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento na Aeronáutica. Há vários órgãos executivos, relacionados no documento de Cavagnari. Há ainda a Empresa Gerencial de Projetos Navais (Engepron) e o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), que funcionam como interfaces, a primeira para a captação de recursos no país e no exterior, a transferência de tecnologia, o fomento à instalação de novas indústrias, contratos de estudos, planos, projetos, obras e serviços, a segunda

para a coordenação e apoio às atividades relacionadas com metrologia e homologação de empresas e de produtos aeroespaciais.

O órgão executivo de maior tradição e acervo de resultados concretos é o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), de São José dos Campos. O seu apoio foi decisivo para a criação ou desenvolvimento de algumas empresas: a Embraer, Eletrometal, Tecnasa. Executa vários projetos na área de materiais, sistemas de imagens, aeronaves, foguetes e propelentes, física de altas e baixas energias, meteorologia, além de ser responsável pelo projeto militar da Missão Espacial Completa Brasileira e pelo programa AMX.

No campo do desenvolvimento nuclear, houve uma distribuição de tarefas: a Marinha ficou com o enriquecimento do urânio por ultracentrifugação e com a construção do reator para submarino nuclear (e eventual uso civil, conforme um estudo realizado por convênio da Marinha com a Unicamp), sendo este o programa mais bem sucedido (Programa Autônomo de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, ou Programa Chalana), gerenciado pela COPESP (Coordenadoria para Projetos Especiais). O Exército deu início à construção de um reator de urânio e grafite, que pode servir à produção de plutônio, e a Aeronáutica incumbiu-se do reator rápido regenerador e do enriquecimento de urânio a laser.

O Programa Autônomo de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear consumiu, de 1978 a 1992, 566 milhões de dólares, atingindo um índice de nacionalização de cerca de 86%. O orçamento para 1993 é de 76 milhões de dólares e o seu custo total deverá alcançar 900 milhões. O programa encontra-se um pouco atrasado com relação ao cronograma inicial, devido a falta de recursos.

Outro programa importante é a Missão Espacial Completa Brasileira, criado no fim da década de 70. O seu custo previsto foi de 1,1 bilhão de dólares, para uma execução durante 13 anos. Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), civil, coube o desenvolvimento de dois satélites de coleta de dados e dois de sensoriamento remoto, assim como a responsabilidade pelas instalações de controle e recepção das informações. Ao CTA coube a responsabilidade pelo desenvolvimento e fabricação do Veículo Lançador de Satélite (VLS) e pela constituição do centro de lançamento de Alcântara. A opção por um veículo a propelente sólido, de óbvio interesse militar, foi a fonte de grande controvérsia e de restrições ao fornecimento de partes, pelos Estados Unidos. Com isto, o VLS ainda não está disponível (no momento, há dificuldades com o sistema de guiagem) e o primeiro satélite de coleta de dados foi lançado, em 1993, por um lançador norte-americano. Os outros três satélites deverão ser lançados até 1997. Apesar de incompleto, este programa já tem os seus "spin-offs": por exemplo, foi desenvolvido um tipo de aço ultra-resistente, com a participação da Eletrometal, Usiminas e Acesita, que continuam produzindo e exportando esse aço.

Mais um programa militar que se encontra atrasado é o do avião militar subsônico, o AMX, executado em colaboração com empresas aeronáuticas italianas desde 1977. Neste momento, a principal dificuldade é a situação do mercado mundial de armamentos, no qual há uma grande oferta por parte dos antigos contendores da guerra fria. Por outro lado, as dificuldades orçamentárias brasileiras dificultam a realização das compras previstas para o reequipamento da Aeronáutica. Também este programa já teve resultados indiretos, através de tecnologias incorporadas ao EMB-120 (Brasília) e ao EMB-145, da Embraer.

As perspectivas da P&D militar dependem, mais que as de qualquer outro setor, de decisões governamentais, não só de cunho interno mas também relativas à participação ou não do Brasil em acordos internacionais, como o TNP (Tratado de Não-Proliferação de armas nucleares) e o RCTM (Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis). Disto dependem os acessos ou restrições a tecnologias estratégicas a que o Brasil estará sujeito e, portanto, as decisões sobre o que deverá ou não ser desenvolvido aqui e sobre as respectivas exigências de recursos e de pessoal. Quanto à tomada de decisões de cunho interno, é importante definir foros apropriados e legítimos para tal. Estas decisões não podem ser exclusivas do Executivo nem do estamento militar.

Por outro lado, os programas militares de P&D, se não levaram à constituição de um complexo industrial-militar brasileiro, tiveram uma grande importância para a melhoria do nível tecnológico do parque industrial. Várias centenas de empresas fornecedoras (150 no PADTN, 130 na MECB, 106 no AMX) tiveram de capacitar-se para atender a especificações exigentes, e esta capacitação, uma vez adquirida, permanece nas empresas podendo ser utilizada para o atendimento a outros clientes.

Os três programas são suficientes para se ter uma avaliação aproximada do desempenho de todo o sistema de P&D militar, devido ao patrimônio tecnológico construído a partir deles. A conclusão do estudo de Cavagnari é que, apesar da insuficiência de recursos e das pressões e boicotes internacionais, pode-se afirmar que a P&D militar vem sendo bem sucedida. Ela tem proporcionado, relativamente, avanços efetivos no domínio de tecnologias avançadas e continuará tendo, com certeza, uma função importante no sistema de C&T nacional.

4.12 Ciências Sociais (Wanderley Reis, 1933)

O trabalho realiza, em primeiro lugar, uma avaliação dos méritos propriamente científicos das ciências sociais brasileiras (com especial ênfase na ciência política e na sociologia); segundo, uma análise sociológica das ciências sociais no país; e terceiro, apresenta um conjunto de recomendações.

Em relação aos méritos propriamente científicos, o autor argumenta que, apesar da existência de alguns centros de pós-graduação e pesquisa orientados para o

desenvolvimento de uma ciência social de base científica, definida como uma "ciência de vocação" decididamente teórica e nomológica, empenhada na obtenção de um conhecimento passível de ser formulado em termos genéricos e articulado em sistemas abstratos", este objetivo não chega a se cumprir de forma adequada. Duas explicações são apresentadas. A primeira é função de atitudes político-ideológicas difundidas nos meios intelectuais brasileiros, que tendem a perceber as orientações mais científicas como conservadoras. A segunda tem a ver com o apego de parcela importante dos cientistas sociais brasileiros à tradição humanista e ideográfica, que se reflete na ênfase no qualitativo e no descritivo, na valorização da dimensão temporal ou histórica dos fenômenos e de suas conseqüentes peculiaridades, no relativismo, na confiança depositada na "compreensão", etc.

A conseqüência desta situação é que prevalece nas ciências sociais brasileiras um estilo jornalístico e historicizante, sem conteúdo teórico e conceitual discernível. Os cursos de ciências sociais, mesmo os melhores padecem de duas falhas importantes, que contribuem para esta situação. A primeira é o abandono da ênfase no estudo da metodologia e técnicas de pesquisa, centrado na lógica da análise multivariacional, cuja importância propedêutica transcende a simples assimilação de técnicas específicas. A segunda é o abandono do ensino da teoria social, que tende a ser em muitos casos substituída pela história do pensamento social e político. Um aspecto deste abandono da teoria tem a ver com o provincianismo das ciências sociais brasileiras, que tendem a se concentrar no exame concreto da realidade local, deixando para cientistas sociais dos centros mais desenvolvidos a elaboração teórica e conceitual.

A análise sociológica das ciências sociais brasileiras aponta para a inexistência de uma institucionalização acadêmica adequada para o campo, fazendo com que a maioria dos pesquisadores e professores se orientem para a atividade política, jornalística ou para funções administrativas, que não premiam de forma adequada o desempenho acadêmico propriamente dito. Este fato se reflete no ensino onde a motivação dos estudantes se concentra, sobretudo, na busca de certa cultura difusa e na titulação. Disto resulta o debilitamento dos programas de ensino, o número pequeno de mestrados e doutorados concluídos, a má qualidade das teses e dissertações, e o caráter rarefeito e pouco profissional da comunicação e do debate entre os especialistas da área.

Do ponto de vista institucional, cabe mencionar ainda que muitos dos principais programas de pós-graduação e pesquisas em ciências sociais se localizam em instituições autônomas e privadas, que dependem para sua sobrevivência de projetos e dotações de curto prazo, e que são levadas, freqüentemente, a desenvolver atividades de pesquisa aplicada de pouco interesse acadêmico, como forma de manutenção.

A principal recomendação é a necessidade de colocar a questão da qualidade científica e acadêmica no centro dos processos de avaliação e de qualquer política desenvolvida para a área de ciências sociais. O dilema entre "qualidade" e "relevância" é falso, já que os problemas de relevância só se colocam uma vez garantida a qualidade. Em termos de recomendações específicas, o estudo propõe uma intensificação dos mecanismos de avaliação da pós-graduação utilizados pela CAPES, com maior uso de comissões verificadoras que pudessem examinar em loco, e de forma comparativa, a

qualidade da formação proporcionada e da produção dos diferentes programas. A produção científica de melhor qualidade poderia ser estimulada por um programa de publicações de livros e monografias que trouxesse à luz trabalhos que encontram mais dificuldade de divulgação comercial. Em relação ao ensino de graduação, seria importante distinguir a formação de cultura geral, que interessa à maior parte dos estudantes que frequentam estes cursos, da formação profissional mais específica, que deveria ser mais qualificada e restrita aos que efetivamente tivessem a motivação e as condições para desenvolver uma carreira profissional nas ciências sociais. Finalmente, o apoio regular e sistemático aos melhores centros de pós-graduação e pesquisa, como "laboratórios associados" a um sistema nacional de apoio à ciência e tecnologia, seria um mecanismo importante para garantir a estabilidade e a continuidade da pesquisa social mais qualificada.

4.13 Pesquisa em Inteligência Artificial (Sampaio da Silva, 1993)

A análise da área de pesquisa em Inteligência Artificial (IA) no Brasil parte de um breve esboço da história intelectual interdisciplinar do ramo, seguido de três ordens de consideração: uma descritiva, uma avaliativa e uma normativa. Partindo de um trabalho mais amplo, previamente realizado (coordenado pelo Prof. M. Thiollent da COPPE/UFRJ, em 1990), restringe-se o nosso enfoque à dimensão acadêmica da pesquisa em IA no meio nacional.

De um ponto de vista descritivo, destacam-se oito aspectos característicos peculiares, subjacentes tanto à gênese quanto à estabilidade dos grupos de pesquisa. Tais grupos (a) trabalham nos mesmos temas de fronteira abordados pela pesquisa internacional em países desenvolvidos; (b) mantêm um reconhecimento consistente de líderes de escola, em geral professores titulares e/ou pesquisadores senior da área; (c) estão sempre prontos a trabalhar nessa tradição, de modo que (d) os grupos são mantidos coesos (e) por motivações relativamente espontâneas dos seus membros, (f) seguindo esses grupos, por isso, caminhos de institucionalização relativamente idiossincráticos, (g) dependendo da ação e percepção de um pesquisador senior e (h) tornando-se muito dependente de financiamento governamentais. De um ponto de vista avaliativo, entendemos que o sistema de pesquisa em IA no Brasil não é propriamente um sistema, tratando-se antes de um todo constituído de partes muito peculiares. Apontamos que: (a') o debate em IA no Brasil carece de acuidade filosófica (provavelmente porque os pesquisadores geradores dos grupos não possuem formação filosófica); (b') a autoridade dos líderes de escola é um dos principais pilares da estabilidade dos grupos ativos, talvez em intensidade maior do que deveria ser; (c') a formação em IA é predominantemente auto-didática; (d') há uma tendência a dispersão e baixa organização dos grupos, porque (e') peculiaridades dos mecanismos de coesão, gerando idiossincrasias, inibem a institucionalização formal; (f') os temas de pesquisa são fortemente determinados por interesses locais, sendo também idiossincráticos; (g') o suporte financeiro de clientes

privados é intermitente, o que ocasiona (h') o caráter decisivo das bolsas pelas agências governamentais de fomento.

De um ponto de vista normativo, após sumariar as recomendações de Thiollent & Alia (porque se mostraram essas recomendações bastante relevantes, devendo ser tomadas como parte do que aqui subscrevemos), propomos o seguinte:

(i) não permitir que as políticas sobre IA seja permanentemente dependentes de políticas sobre outras disciplinas, ainda que afins a IA;

(ii) não obstante, manter abertos os laços entre novas políticas de IA e políticas pré-existentes, estimulando o crescimento de trabalhos em IA nos contextos da filosofia e da ciência da cognição;

(iii) estimular, reciprocamente, a formação filosófica e cognitivista nos currículos institucionais de IA, visando a aumentar a acuidade filosófica dos pesquisadores da área;

(iv) fazer que os conceitos fundamentais da IA sejam apresentados a estudantes de graduação, para que pesquisadores potencialmente aptos com eles travam contato mais cedo, aumentando o tempo vital para conquistar a excelência õ

(v) combater o isolamento de grupos idiossincráticos, fundando sociedades científicas dotadas de recursos para a promoção de eventos, intercâmbio acadêmico, e elementos integradores similares;

(vi) complementar a pesquisa auto-orientada com a qualificação formal no exterior, porque parece que não somos ainda auto-suficientes na área e, finalmente,

(vii) fomentar uma institucionalização maior dos grupos, oferecendo recursos financeiros para o desenvolvimento de seu trabalho e a fixação de seus papéis; estender essa subvenção, se possível, ao domínio dos recursos materiais permanentes, recursos tecnológicos, porque na pesquisas de IA equipar é institucionalizar.

4.14 Desempenho Comparativo das Diferentes Áreas

A produção científica (medida em artigos publicados) gerada no Brasil em 1980 correspondeu a 30% da produção da América Latina e 0,34% da produção internacional. Dados de Schott indicam que a participação brasileira na produção mundial de artigos científicos é maior na área da Física, decrescendo na seguinte ordem: Biologia, Matemática, Geociências e Ciências Espaciais, Química, Biomedicina, Tecnologia e Medicina Clínica. A produção tecnológica medida em patentes é pequena e não há

indicadores de uso geral para a produção tecnológica efetivamente convertida em produtos ou processos de uso corrente.

A comparação do desempenho das diferentes áreas pode ser feita considerando vários critérios: i) números de pesquisadores, ii) capacidade reprodutiva dos mesmos, iii) quantidade e qualidade da produção científica de nível internacional, iv) qualidade, quantidade, grau de utilização da produção tecnológica e sua relevância para o país, v) efeito da comunidade científica da área sobre a educação profissional e sobre a educação científica da população em geral. Dados de Brisolla (1993) indicam haver em 1985/1986 um total de 52.863 pesquisadores no país com 11.492 doutores e 13.329 mestres com uma produção científica de 4615 artigos internacionais. É a seguinte a distribuição por área (%):

ÁREA	**N° PESQUISADORES (%)**	**PRODUÇÃO INTER. (%)**
1. CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA	19%	36%
2. BIOLÓGICAS	17%	26%
3. SAÚDE	17%	19%
4. HUMANAS	13%	6%
5. AGRÁRIAS	12%	6%
6. ENGENHARIAS	10%	5%
7. SOCIAS E APLICADAS	7%	2%
8. LINGUÍSTICA, LETRAS E ARTES	5%	0.1%

No início da década dos 80, a Física, a Biologia e a Matemática haviam alcançado uma situação bem melhor que a Química, as Geociências e a Medicina, no ambiente universitário; por outro lado, o desenvolvimento da pesquisa universitária em Engenharia Elétrica era significativamente superior ao da pesquisa em Engenharia Civil, e mais disseminado pelo País. Isso, em que pese o desenvolvimento tecnológico e profissional da engenharia civil brasileira, capacitada para o projeto e execução de grandes obras, no país e no exterior.

Houve várias razões para estas disparidades. A Física brasileira teve início em uma época em que o mundo estava deslumbrado com a Física Nuclear e ainda não havia

percebido os riscos de uma era nuclear; ainda na década dos 50 houve o crescimento explosivo da Física do Estado Sólido. Por outro lado, os desenvolvimentos em Química, Geociências e outras não tinham o mesmo caráter espetacular dos da Física. Isto explica que muitos talentos brasileiros, após uma graduação em Química ou Engenharia optassem por uma carreira em Física, no Brasil e no Exterior (Schönberg, Leite Lopes, Mascarenhas, Quadros, Sérgio Porto). Por outro lado, o maior número e dinamismo dos físicos lhes assegurou um tratamento muito privilegiado, dentro das agências.

Algumas pessoas perceberam que isto criava uma situação de disparidade que era prejudicial ao sistema, como um todo. Quando o professor Newton Bernardes voltou para o Brasil, com a missão de implantar na USP um grupo de Física do Estado Sólido, foi-lhe perguntado pelo então Diretor Científico da Fapesp o que a agência poderia fazer, para colaborar com a sua tarefa. A sua resposta foi: "Apóie a Química". Infelizmente, esta não foi uma atitude geral. Prova disto é o fato de a Química ter sido área de uma Diretoria de Tecnologia, e não de uma Diretoria Científica, dentro da Finep, no início dos anos 80. Em conseqüência disto, enquanto os departamentos mais importantes de Física do Brasil recebiam "finepões" de cerca de um milhão de dólares, por dois anos, os pesquisadores químicos tinham de obter recursos através de projetos de pesquisa aplicada que atendessem às diretrizes emanadas do corpo técnico da Finep.

O PADCT inverteu a situação: Geociências e Tecnologia Mineral, Química e Instrumentação foram três das áreas "verticais" do PADCT e com isto houve um desenvolvimento sem precedentes das mesmas, em um processo que ainda continua.

5. Propostas e Sugestões

Há muitas maneiras de melhorar o quadro da capacitação brasileira em ciência e tecnologia. Algumas sugestões que podem ser feitas são independentes de circunstâncias; outras estão diretamente ligadas às atuais conjunturas nacional e internacional.

5.1 A qualidade dos recursos humanos

Os grandes gastos públicos em educação superior e em pós-graduação são justificados e, considerando-se as dimensões da população brasileira e do seu PIB, poderiam ser até maiores. Constata-se em educação o mesmo já verificado nos investimentos em C&T: a porcentagem do PIB dispendido em educação é menor do que a verificada em países industrializados, mas a participação do setor público é relativamente maior, caracterizando a baixa participação do setor privado. Entretanto, o rendimento obtido desses gastos poderia ser muito superior se a qualidade dos recursos humanos fosse melhor. Aspectos dessa questão serão discutidos nos ítens seguintes.

5.1.1 Cursos técnicos

Há no Brasil numerosos cursos técnicos secundários de bom nível e que poderiam ter um papel importante na formação de quadros para ciência e tecnologia; atualmente estes cursos têm quanto a isto apenas um papel, que é o de estágio preparatório para os vestibulares às universidades, equipando os alunos de um nível de preparo experimental muito superior ao que poderiam adquirir no curso colegial e mesmo em alguns cursos superiores. A solução deste problema tem duas etapas: primeira, melhoria de qualidade dos cursos secundários públicos, que deixaria os cursos técnicos mais acessíveis a estudantes verdadeiramente vocacionados e a estudantes de origens mais modestas, para quem o exercício da profissão de técnico poderia ser satisfatório; segunda, estabelecimento de distinções nítidas entre os currículos dos cursos técnicos e dos cursos secundários, de maneira a diminuir a atratividade dos cursos técnicos como via de acesso ao vestibular.

Um importante fator de desprestígio dos cursos técnicos é a supervalorização formal do diploma universitário. Esta é notória no serviço público, em que o acesso a cargos e funções está mais ligado à existência de um diploma superior do que à real proficiência e capacidade profissional.

Uma modalidade pouco explorada é a dos tecnólogos de nível pós-secundário. Houve experiências no passado, sem sucesso (a dos "engenheiros de operação", formados em três anos de curso superior). Mais recentemente, há experiências positivas, como a da FATEC, em São Paulo. As universidades poderiam fazer uma contribuição importante, utilizando suas facilidades no período noturno, para ministrar cursos deste tipo.

5.1.2 Os cursos de graduação

Os graduados brasileiros deveriam poder atingir um nível de qualidade que os equiparasse, ao menos, aos graduados de outros países do Cone Sul. Embora os relatores desconheçam indicadores formais que provem a superioridade do preparo dos estudantes argentinos, chilenos e uruguaios face aos brasileiros, há pelo menos um indicador informal mas bastante seguro: os professores de pós-graduação brasileiros consideram os estudantes daqueles países aptos a ingressarem diretamente em programas de pós-graduação em nível de doutorado, ao contrário do que se passa com a maioria dos estudantes brasileiros.

Há instrumentos de que se pode cogitar, para obter uma melhoria de qualidade dos graduados; o mais importante é a implantação de duas atividades novas: uma sistemática de avaliação com a participação de examinadores de outras instituições e uma sistemática de avaliação de cursos.

A avaliação de alunos por professores de outras instituições é praticada em outros países (p.ex, Inglaterra) e o resultado da avaliação é incorporado seja ao currículo do aluno, seja ao histórico do curso. É uma maneira de eliminar o sistema de corrupção dupla, que é talvez a maior praga do ensino superior brasileiro. Este sistema de corrupção dupla consiste no seguinte: professores ministram cursos de qualidade duvidosa, mas não fazem grandes exigências sobre os alunos. Estes, por sua vez, trabalham pouco e mal, mas não fazem exigências sobre os professores. Como a única avaliação a que os alunos serão submetidos é aquela feita pelo próprio professor que ministrou a disciplina, tudo termina "bem". Este processo é raramente rompido; a ruptura costuma ocorrer quando um professor decide fazer exigências maiores do que aquelas a que os alunos estão acostumados. Nesse caso, os alunos passam a questionar a técnica didática, o preparo, a disponibilidade, etc. dos professores.

Uma componente mais recente do sistema de corrupção dupla está ligada à sistemática de escolha eleitoral dos dirigentes universitários. Um docente que tenha ambições dentro da política universitária tem de contar com votos de estudantes. Para isto, é essencial que o docente cultive uma base eleitoral. É óbvio que um docente austero de uma disciplina árdua tem muito poucas chances. Este problema é resolvido por alguns professores, eliminando a austeridade ou as dificuldades da disciplina. Há casos de cursos em que já se deu um passo a mais: evita-se o contacto entre professores altamente qualificados e alunos ingressantes e promove-se o contacto destes com professores destituídos de um currículo significativo. Isto, porque este controle de contacto entre professores e alunos é essencial para a criação ou preservação de estruturas de poder.

Quanto à avaliação sistemática de cursos, é notável que esta não seja feita regularmente. Existe o bem-sucedido precedente da avaliação dos cursos de pós-graduação, feita pela Capes; os efeitos dessa avaliação foram, no conjunto, muito positivos. É certo que a avaliação de cursos de graduação deverá seguir padrões muito diferentes daqueles da avaliação da Capes, mas poderá aproveitar a experiência desta. Um elemento desta avaliação poderia ser um exame de proficiência de alunos, de caráter nacional e que fosse prestado em base voluntária. Há presentemente uma iniciativa neste sentido, tomada pelo grupo técnico de Química e Engenharia Química do PADCT, junto à CAPES. Esta iniciativa merece atenção e o seu sucesso poderá mudar substancialmente este quadro, no país.

Dentro dos cursos de graduação deveria ainda haver uma grande preocupação com a educação científica geral dos estudantes de todas as áreas. Reconhecendo-se as deficiências do ensino secundário e a falta de disseminação de uma cultura científica no país, mesmo entre os que tiveram a oportunidade de terem educação superior, urge que as disciplinas científicas de cursos de graduação contribuam para a formação de cidadãos que, qualquer que seja a sua profissão, possam ter uma razoável compreensão do mundo que os cerca e do impacto da atividade científica e tecnológica sobre esse mundo.

Por último deve ser ressaltado que a maior parte dos alunos da nossa uma Universidade está matriculada na rede privada de ensino geralmente em cursos não ligados diretamente ao setor de C&T, principalmente na área social e humana. Igualmente, a Universidade privada não está particularmente interessada nem conta com recursos adequados para a realização regular de pesquisa o que se reflete diretamente no ensino geral de ciência que é muito precário. A mudança do perfil dos alunos, com uma maior participação dos que seguem profissões mais diretamente ligadas ao setor C&T, depende de mudanças sócio-econômicas complexas da nossa realidade fazendo com que o setor produtivo solicite um maio número de engenheiros, físicos e químicos etc para trabalharem em setores industriais tradicionais ou então de profissionais da área biológica, por exemplo, para atuar em Biotecnologia que está em grande desenvolvimento nos países industrializados.

5.1.3 Cursos de pós-graduação

Desde a década de 70, os cursos de pós-graduação têm atraído uma população muito heterogênea, formada por alunos brilhantes e fortemente vocacionados, ao lado de alunos fracos para quem a pós-graduação era simplesmente a única opção, após a formatura. Destes últimos, não poucos obtiveram o mestrado e até o doutorado, ocupando depois posições e tornando-se um fator de mediocrização do sistema. A pós-graduação tornou-se, em muitos casos, um estágio de treinamento para o fracasso: a irresponsável e crônica inadimplência das agências de fomento, aliada à falta de planejamento, experiência ou mesmo responsabilidade de orientadores, à falta de acompanhamento adequado do desempenho dos alunos e orientadores e à falta de simples talento e competência de estudantes criou um sistema no qual uma das grandes demandas atuais dos estudantes é pela "profissionalização" da pós-graduação. Pareceria que esta profissionalização terá como principal conseqüência reduzir os pós-graduandos brasileiros aos mesmos medíocres padrões médios dos docentes.

Algumas medidas são necessárias para que os cursos de pós-graduação se tornem qualitativamente melhores:

i) aumento gradual dos níveis de exigência das avaliações da Capes;

ii) acompanhamento de destino dos pós-graduados;

iii) restrição das áreas teóricas e das áreas estritamente básicas a alunos de talento e promissores;

iv) acompanhamento detalhado do andamento do trabalho de cada estudante por um assessor externo e anônimo (nos moldes do que fazem algumas fundações estaduais, como a Fapesp);

v) correção regular dos valores das bolsas, que não podem ser tão pequenas a ponto de causar indignidade, nem tão elevadas a ponto de tornarem-se uma opção profissional;

vi) eliminação da isonomia de bolsistas, reduzindo a defasagem do seu valor com os salários pagos pelo mercado, no caso de áreas do conhecimento em que o mercado tenha uma grande demanda;

vii) acompanhamento detalhado do desempenho dos orientadores, da respectiva produção científica e da dos seus estudantes;

viii) estabelecimento de uma sistemática de atribuição de quotas de bolsas que premie o bom desempenho dos cursos.

ix) finalmente, é necessário melhorar as condições de trabalho e a produtividade dos nossos grupos científicos para que o treinamento científico dos alunos seja mais rápido e eficiente.

5.1.4 Cursos de extensão e educação continuada

Há uma grande necessidade de cursos de extensão e de educação continuada, no país. Esta tem sido atendida pela imprensa e pelas empresas de rádio e televisão, por associações profissionais, centros e institutos de pesquisa, por escolas técnicas e por departamentos universitários. Entretanto, há certamente muito espaço para uma atuação adicional da comunidade científica e tecnológica. Estas atividades são provavelmente as que permitem o estabelecimento de vínculos entre pesquisadores e cidadãos, de forma mais imediata. Elas contribuem para a qualificação e atualização profissionais mas, também, para conferir às preocupações dos cientistas um maior sentido de relevância.

5.2 Número de Cientistas

Estima-se existirem 60.000 cientistas no país o que corresponde a cerca de 10 vezes menos do esperado quando comparamos a relação de cientista/população existente nos países industrializados. No entanto, quando se refere o número de cientistas ao produto interno bruto por habitante, nota-se que a nossa cifra cai para apenas metade da existente em países desenvolvidos. Por outro lado, quando se considera o número de cientistas (60.000 vs 900.000) pelo que se gasta em C&T no Brasil e nos EUA (2,5 vs 135 bilhões de dólares) chega-se a dedução que os nossos cientistas consomem cerca de 4

vezes menos do que os cientistas norte-americanos. Pode-se, também, deduzir que temos um número excessivo de cientistas considerando o que estamos despendendo em C&T que é extremamente baixo sendo de apenas 1.8% do que é gasto nos EUA. O reduzido orçamento de C&T no país deriva de ser muito baixo o percentual alocado ao setor no total do nosso PIB (apenas 0.7% quando nos países industrializados é superior a 2.5%). Outro fator importante é que a contribuição do setor público no Brasil para os gastos em C&T é preponderante representando o setor privado apenas a 8% quando nos países industrializados a cifra é de mais de 50%. Conclui-se daí que o aumento do número de cientistas no país depende diretamente de um substancial aumento da participação do setor privado nos gastos em C&T nacionais. As Universidades e Institutos também poderão absorver um maior número de cientistas desde que melhorem as condições de trabalhos oferecidas (salários, equipamentos, biotérios, bibliotecas, verbas das agências de fomentos etc) o que dependerá fundamentalmente de setor público (agências federais e estaduais e uma organização mais competente e com recursos do sistema de C&T).

Outro importante aspecto a ser considerado na expansão da base científica nacional é a estrutura e funcionamento do sistema educacional do país como um todo que em última análise fornece os recursos humanos que vão atuar no sistema de C&T. Convivemos ainda com uma elevada taxa de analfabetos (aproximadamente 20%) e da população de 4 a 24 anos apenas metade frequenta o sistema educacional. Os 1.500.000 estudantes matriculados na Universidade representam apenas 1% da população quando nos países industrializados a proporção é de 3-5%. Além disso mais de 60% dos alunos estão matriculados na rede privada onde predominam os cursos das áreas sociais e humanas (70%) com pequena representação das profissões diretamente ligadas a setor de C&T (engenharia, física, química, computação etc). Naturalmente, isso reflete o grau de demanda do setor de C&T que é relativamente pequena.

Portanto, para enfrentarmos o desafio de aumentar o número de pesquisadores no país (talvez multiplicar por 10 para nos igualarmos aos países industrializados) é necessário formular e implementar rapidamente políticas que direta e indiretamente irão influenciar o setor:

1) aumentar a eficiência de todo o nosso sistema educacional, o que permitirá o acesso de um maior número de alunos à Universidade.

2) modificação do perfil dos alunos matriculados na Universidade para que uma maior proporção se oriente para as profissões ligadas ao setor de C&T, o que naturalmente depende de alteração substancial do mercado do trabalho que atualmente não faz maiores solicitações em C&T.

3) aumento substancial na demanda de cientistas qualificados para o desenvolvimento de inovações tecnológicas dentro de um panorama de uma indústria nacional competitiva em termos internacionais (a recente aprovação de lei de incentivos fiscais para a indústria

aplicar em novas tecnologias será um importante estímulo para incrementar a associação Universidade/Indústria).

4) apesar de o setor público ser o investidor quase exclusivo, ele ainda investe pouco em C&T; a recuperação, manutenção e expansão dos núcleos de excelência responsáveis pela pesquisa básica e aplicada no país dependem diretamente de substancial aumento nas dotações orçamentárias tanto federais como estaduais. 5) recuperar a Universidade pública com o local por excelência de formação da base científica nacional.

5.3 A estrutura departamental

A atual sistemática de escolha de dirigentes universitários é um processo democrático mas muito sujeito a fatores não-acadêmicos. As características democráticas desta sistemática poderiam ser mantidas, mas é necessário que as comunidades eleitorais se libertem de restrições de ordem político-partidária, de injunções corporativas e amadureçam na compreensão do importante papel das universidades, no processo de desenvolvimento social e econômico do país.

5. 4 As diretrizes e a liberdade de pesquisa

Uma vez construído o cerne humano de um sistema de ciência e tecnologia, que foi uma tarefa dos últimos vinte e cinco anos, é hora de indagar se os critérios usados até aqui continuam sendo adequados. No primeiro PBDCT não havia nenhuma diretriz ou definição explícita de prioridades, e é lógico que fosse assim: em terra virgem, qualquer atividade que florescesse era desejável. No segundo PBDCT houve uma tentativa de definição de prioridades, que chegou até os documentos das "Ações Programadas", que foram no geral inócuos. Enquanto a pesquisa no âmbito militar desenvolveu-se em torno de programas objetivos, estruturados e dimensionados, a pesquisa civil seguiu sendo uma atividade tensionada por numerosas forças, freqüentemente opostas. A resultante deveria ser pequena, e os resultados não são grandes.

Tentativas de atingir algum grau de definição de grandes objetivos e de prioridades e metas, para a pesquisa civil, esbarraram sempre em uma crítica acerba e maniqueísta de parte da comunidade científica. Por outro lado, a crônica inadimplência do fomento governamental e fundadas suspeitas com relação às verdadeiras intenções dos homens do governo transformaram o que deveria ser uma discussão política de alto nível em uma discussão passional em que ações complementares eram tratadas como antagônicas; o caso mais notável foi o debate FNDCT vs. PADCT, que até aqui parece ter levado apenas ao enfraquecimento de ambos.

A maioria dos departamentos e das universidades brasileiras não tem planos diretores, nem metas, nem planos estratégicos, nem procura definições claras de uma vocação ou de um papel. Nisto, apenas repetem instituições públicas e governos de todos os níveis. Portanto, seria descabido esperar que a ciência e tecnologia brasileiras tivessem algum grau de definição programática ou de diretrizes. Via de regra, planejamento a médio e longo prazos é feito apenas por indivíduos, e se refere à sua própria esfera de ação imediata.

Em um momento de escassez de recursos, que parece ser duradouro, em que já há uma população numericamente expressiva portadora de títulos de doutorado e em que existe uma infraestrutura de pesquisa, é necessário definir qual será a dimensão das atividades estritamente científicas e dos recursos a elas alocados, bem como qual será a dimensão das atividades organizadas em programas e quais serão os objetivos destes.

5.5 Programas de pesquisa

O planejamento centralizado e excessivo das ações em C&T é de interesse discutível. No entanto, há consenso que deve existir um sistema que defina e acompanhe o desempenho das grandes políticas de desenvolvimento em cada uma das grandes áreas de C&T para otimizar os escassos recursos existentes no país. Essa tarefa está prevista para o Conselho de Ciência e Tecnologia e suas câmaras setoriais que contarão com a representação governamental, das comunidades científicas e tecnológicas e da classe empresarial. Daí deverão partir as recomendações e identificações dos projetos prioritários com maior retorno sócio/econômico, contemplando de forma integrada as ações em pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento e com a participação das empresas, universidades e do governo.

A título de exemplo são descritos abaixo alguns programas:

! **Ciência e engenharia dos materiais.**

Por volta de 1986, difundiu-se no Brasil a expressão "novos materiais", como uma grande nova área de trabalho. Pouco mais tarde, o PADCT II criou um sub-programa de Novos Materiais. O assunto é da maior importância, por duas razões: primeiro, porque os desenvolvimentos recentes em escala mundial têm como conseqüência a redução de demandas por muitos minerais, o que pode privar o Brasil de algumas fontes de receita cambial; por outro lado, é impossível conceber uma indústria de bens de consumo duráveis, de meios de transporte, de alimentos e outras que consigam tornar-se competitivas sem ter acesso a muitos novos materiais ou a novas versões de velhos materiais, obtidos por novos processos.

Esta área registra um dos poucos e talvez o melhor exemplo de programa de P&D bem sucedido, no País: o das fibras óticas. Este programa teve uma componente universitária, teve atividades em centro de pesquisa de propriedade de empresa (o CPqD, da Telebrás) e tem um produto industrial. A transferência de tecnologia para a empresa industrial foi feita com transparência e lisura, evitando suspeições que poderiam macular o processo. Hoje há um produto industrial ao mesmo tempo em que prossegue a pesquisa básica e aplicada, em universidades e centro de pesquisa. Não sem propósito, a tese de doutorado escolhida para representar o IFQSC-USP no concurso que deve escolher as melhores teses de doutorado da USP, defendidas em 1992, é uma tese sobre vidros de halogenetos, destinados ao uso em fibras óticas de nova geração.

O caso da construção civil poderia também merecer atenção especial: há uma óbvia demanda por habitações, no Brasil; entretanto, persistem, mesmo em áreas desenvolvidas do país materiais e métodos construtivos que são caros, arcaicos e que geram produtos de má qualidade. É certo que há pesquisa realizada por engenheiros civís, quanto à adaptação de novas tecnologias de construção, baseadas em materiais de introdução recente, e criadas em outros países, como também há importante pesquisa sobre tecnologias de uso de madeira em construção, por exemplo. Mas é possível ir muito além disto: hoje, o cientista e o engenheiro de materiais podem criar um material para atender a uma certa finalidade; é possível um ataque holístico de problemas, em que o pesquisador-engenheiro civil, o pesquisador de materiais e o pesquisador de processos de transformação interajam intensamente, na busca da conciliação entre o possível, o desejável e o economicamente viável. Há boas razões para que esta atividade não seja centralizada, porque parte dela estará vinculada à investigação de materiais existentes em um certo local e não em outros, e a familiaridade do pesquisador com jazidas, técnicas de extração e beneficiamento etc. pode ser da maior importância.

A menção à construção civil pode evocar apenas tijolos, telhas e cimento. Entretanto, há mais a considerar: o Brasil é um grande produtor e consumidor de tintas para construção, em parte devido à intensa insolação e à elevada umidade que afetam grande parte das áreas mais habitadas. Tintas modernas utilizam polímeros modernos e pigmentos modernos, além de alguns aditivos. A propósito, a indústria de tintas tem uma característica muito interessante, em todo o mundo: produz principalmente para o mercado interno, isto é, é geralmente um indústria nacional. Além das tintas, há outros tipos de revestimentos, necessários para madeiras e para concretos, seja novos ou deteriorados. Há interesse por revestimentos absorvedores de ruídos assim como há um forte impacto de filmes plásticos sobre as técnicas de produção agrícola em estufas.

No caso dos materiais para construção civil, o único que aqui será discutido em detalhe, há muitas oportunidades para desenvolvimento incremental mas também para pesquisa de ponta. Um exemplo é o das janelas "inteligentes": todos desejaríamos ter janelas capazes de controlar automaticamente o nível e o espectro da radiação que entra ou sai de um ambiente, a um custo possível e com duração bem definida. Isto não existe

hoje, e é a motivação de muita pesquisa em sistemas eletrocrômicos, em sistemas líquido-cristalinos, em termodinâmica e cinética de separação de fases em sistemas poliméricos, etc. Outro exemplo é o de conforto e economia de energia associados à habitação: talvez a única tecnologia importante de conforto em habitação para a qual o Brasil contribuiu foi a do pátio jesuítico. Casas, apartamentos e prédios públicos brasileiros pouco revelam de um esforço de criação ou adaptação de tecnologias destinadas a permitir conforto térmico minimizando gastos de energia, seja através do uso de soluções arquitetônicas, seja através do uso de equipamentos e materiais desenvolvidos ou adaptados com esta finalidade.

Há exemplos de como um trabalho interdisciplinar pode contribuir: o Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo desenvolveu uma técnica de preparo de solo para construção de estradas, que minimiza o uso de brita e a mão de obra. Esta técnica é efetiva em solos que tenham uma dada composição mineral; a adição de cal provoca a ocorrência de algumas reações químicas, que transformam o próprio solo em uma base para a pavimentação. Este resultado foi gerado a partir de trabalho de engenheiros civís, geólogos e químicos e a sua importância não pode ser minimizada, em um país de péssimas estradas e dimensões continentais. Há um problema, porém: a solução depende de um conhecimento detalhado da mineralogia da região, que nem sempre existe.

Outros dois programas obrigatórios seriam: um, de manejo do meio ambiente; outro, de tecnologia industrial.

! **Programa de estudo e manejo do meio ambiente**

Área necessariamente interdisciplinar, impõe-se pelas peculiaridades geográficas e climáticas do Brasil. Há alguns anos, eram comuns afirmações catastróficas sobre as conseqüências de desastres ambientais ocorridos aqui. Essas afirmações eram muitas vezes baseadas em dados e experiências de outros países e inaplicáveis nas nossas condições, a menos que se atentasse às diferenças geográficas e climáticas. Hoje, há boas evidências de que o "turnover" do petróleo derramado nas costas brasileiras é bastante mais rápido que em outros lugares, e que a qualidade da água de um rio como o Tietê melhora muito, entre São Paulo e Porto Feliz ou Anhembi. Apesar de vantagens como estas, que estão ligadas a nossas condições geográficas e climáticas, a disposição de lixo urbano continua sendo um problema grave mesmo para as cidades mais ricas do país e a idéia de coleta e tratamento de esgotos continua sendo associada necessariamente a grandes redes e grandes estações, que são obras caras e às vezes inacessíveis. Há o exemplo de Cubatão, mostrando como se pode melhorar o ambiente, sem inviabilizar atividades econômicas e empregos. Entretanto, há muito mais a fazer, no sentido de viabilizar atividades industriais e de mineração, protegendo o ambiente. Um tal programa requer a participação de cientistas de muitas denominações, desde engenheiros e especialistas em sistemas, passando por químicos e microbiologistas, até arquitetos e cientistas sociais.

! **Programa de tecnologia industrial**

Programa mais complexo, já que nesse caso a aplicação do conhecimento passa então por uma empresa, que freqüentemente é multinacional. Barreiras ideológicas foram, durante muitos anos, um obstáculo enorme à interação entre pesquisadores e empresas, particularmente as de origem estrangeira. Essas barreiras são hoje muito menores, mas persiste uma grande desconfiança. O governo Collor tentou forçar pesquisadores universitários a "irem ao mercado", oferecendo serviços de P&D. Provocou uma reação negativa muito forte, parcialmente justificada e não teve resultados positivos. No momento presente, há uma grande concentração de esforços e de recursos em alguns aspectos de tecnologia industrial básica, particularmente aqueles ligados a qualidade.

Até agora, não há no país bons exemplos de programas multidisciplinares e multiinstitucionais de fomento ao desenvolvimento de tecnologia industrial. Houve até início da década de 80 a Secretaria da Tecnologia Industrial, no então Ministério da Indústria e Comércio. Um ponto muito positivo desta Secretaria foi a criação de formatos de projetos de fomento, muito corretos mas que foram perdidos, com a sua extinção durante o governo Sarney. Quanto à tecnologia industrial básica (normatização, qualidade), esta tem sido tratada pelo PADCT e programas paralelos do MCT.

O órgão do governo federal que deveria hoje financiar P&D em empresas, que é a Finep, tem demonstrado uma grande inapetência para isto. No dizer de empresários competentes, as regras praticadas pela Finep desde meados da década dos 80 são impróprias para a sua vocação e não são mais adequadas que as dos bancos comerciais, contendo um complicador que é uma complicada burocracia. A criação de formatos de contrato de risco tem sido reivindicada, até aqui sem sucesso.

5.6 Formas de interação entre a academia, os centros de P&D e as empresas

No passado, foram usadas diferentes formas de interação entre professores, pesquisadores e profissionais de empresa. Esse tema foi objeto de discursos apaixonados e freqüentemente confusos. Na situação atual, há várias formas de interação, todas elas válidas e que podem coexistir, para benefício geral. Em todas elas há também riscos, que não podem ser minimizados.

! **Consultoria.**

A consultoria é uma forma simples e muito efetiva de interação entre os meios acadêmico e empresarial. No Brasil, a sua prática esbarrou em limitações impostas a docentes de tempo integral ou de regime de dedicação integral. Sua regulamentação nas universidades estaduais paulistas só se completou no fim da década dos 80 e agora já pode ser praticada dentro de um conjunto de regras que protegem o pesquisador, o seu

departamento e a própria empresa. A consultoria é um instrumento muito poderoso de melhoria da qualidade da produção científica, porque ela dá a essa produção o papel de um lastro de credibilidade para um serviço que o pesquisador (e a Universidade) passam a oferecer ao mercado. A prática da consultoria também contribui para resolver um importante problema: o da relevância da pesquisa. Já tem acontecido de docentes com linhas de pesquisa muito básicas e bem sucedidas terem sido procurados por profissionais de empresas, devido ao domínio de algum tópico específico. Em conseqüência, passam a dar uma ênfase maior a este tópico, aumentando a sua própria possibilidade de diálogo com profissionais e empresários.

Uma idéia errônea e muito difundida é a de que a consultoria seja uma via de mão única, em que o pesquisador se exaure para contribuir para a empresa. Na realidade, muitos pesquisadores já tiveram a oportunidade de, durante um trabalho de consultoria, perceberem algum problema básico, cuja solução não estava na literatura e que podia portanto gerar pesquisa fundamental de boa qualidade. Por outro lado, profissionais de empresas são freqüentemente detentores de conhecimento que é transmitido ao consultor e que este pode posteriormente usar, em aulas ou em sua pesquisa.

! **Projetos conjuntos.**

Esta é uma forma de interação mais complexa; no Brasil há poucos exemplos de sucesso, sendo que os casos das fibras óticas e da tecnologia de exploração de petróleo em águas profundas são provavelmente os mais importantes. Projetos conjuntos requerem um grau de mobilização que conflita com a compartimentalização, pulverização e falta de avaliação científica das atividades na maioria dos departamentos universitários no Brasil. A recente ênfase das agências em projetos de maior porte (projetos integrados do CNPq, projetos temáticos da Fapesp) pode ter um sub-produto importante: criar nas universidades equipes capazes de participarem de projetos conjuntos ambiciosos, com empresas. Por outro lado, as empresas não podem participar de um diálogo com as universidades se não tiverem nos seus quadros interlocutores competentes. Não se deve esperar muito sucesso de entendimentos entre profissionais de produção, de um lado, e pesquisadores básicos, de outro. Da mesma forma que a universidade deve buscar uma postura adequada ao diálogo, as empresas também devem fazê-lo.

! **Formação de recursos humanos.**

Um mecanismo absolutamente natural de interação entre as universidades e os centros de pesquisa e empresas é o fluxo de graduados, pós-graduados e mesmo de docentes que decidem mudar de carreira. Este mecanismo tem sido muito negligenciado, por todas as partes envolvidas. De um lado, a empresa brasileira tem um grande envolvimento com o ensino técnico (através do Senai) e episodicamente com o ensino superior (por exemplo, na criação da Escola de Engenharia Mauá, em São Paulo). Não há ainda mecanismos definidos e bem estabelecidos de diálogo entre a universidade e

as empresas, apesar de esforços recentes e promissores (por exemplo, a Uniemp, atingindo vários estados). Já na década de 90 tem sido possível verificar fatos muito interessantes, neste sentido: de um lado, a criação ou crescimento de entidades vigorosas que reúnem em um foro único, em condições de igualdade, profissionais de empresa e pesquisadores. Tal é o caso da Associação Brasileira de Cerâmica e da Associação Brasileira de Polímeros. Outro fato é o trabalho de profissionais de empresa junto a grupos universitários, preparando e testando material didático muito inovador, cuja adoção deverá contribuir para um ensino mais crítico, de melhor qualidade e mais relevante (por exemplo, em um programa desenvolvido na USP, com a cooperação da Universidade de Bristol).

Seria de todo desejável que os graduados e pós-graduados tivessem uma visão clara e positiva a respeito do papel da ciência e tecnologia numa sociedade moderna. Tudo indica que esta visão seja muito limitada, e a principal responsabilidade por isto cabe aos cursos. Tornou-se muito comum uma "divisão de trabalho" nos cursos de graduação, segundo a qual professores que têm sucesso em atividades de pesquisa desobrigam-se de cursos de graduação. Criou-se a figura do docente "dedicado ao ensino" que pode ser realmente dedicado, mas não tem entusiasmo pela pesquisa nem consegue transmití-lo aos alunos. Não pode deixar de ser registrado que em universidades importantes ocorre que a ausência de um docente a aulas, para participar de congresso científico, seja tratada como indesejável, significando que o docente não prioriza as aulas. Isto ilustra a estreiteza de visão de muitas pessoas do meio acadêmico, a respeito. O que deveria, sim, ser preocupante, é o fato de muitos docentes enfrentarem classes repetidamente, ano após ano, sem reciclarem-se em congressos científicos.

5.7 A pesquisa interdisciplinar

A compartimentalização da pesquisa já foi abordada. Considerando-se a sua importância, não é de estranhar que as equipes e os projetos interdisciplinares fortes sejam a exceção mais do que a regra, no quadro da pesquisa científica e tecnológica brasileira.

No passado houve experiências importantes induzidas por financiamentos generosos, como o projeto Energia, na Unicamp, que reuniu pesquisadores de várias disciplinas, principalmente engenheiros e físicos; um projeto sobre baterias, na UFCe, reunindo engenheiros e químicos, e vários outros. Estes projetos tinham uma componente de artificialidade óbvia, cujo resultado foi o desmantelamento de muitas de suas atividades após o cessamento do financiamento indutor. Também não se pode dizer que a produção científica ou tecnológica resultante desses projetos tenha sido importante.

Hoje há algumas exceções importantes: na Unicamp, um grupo de pesquisa em dispositivos semicondutores reune físicos e engenheiros; há colaboração proveitosa entre

físicos e biólogos, químicos e físicos. Em São Carlos e Ribeirão Preto há colaboração entre médicos, engenheiros, físicos, químicos e biólogos e em São Paulo há projetos de biotecnologia com a participação de bioquímicos e engenheiros-químicos. Em várias partes do país colaboram botânicos e fitoquímicos. Entretanto, a não-colaboração é muito mais notável e a sua superação é necessária.

Não só é necessária a colaboração entre físicos, matemáticos, químicos, geólogos, engenheiros, etc. como também é essencial a colaboração com pesquisadores das áreas de saúde, agrárias e biológicas. O conhecimento eventualmente gerado em áreas mais básicas de ciências da matéria pode ser útil em medicina e no "agrobusiness", seja em diagnóstico (kits de análise clínica, tomografias), em terapia (fármacos, fontes de radiação, biomateriais, sistemas de liberação controlada), na produção de alimentos (pesticidas, membranas para separação química, fontes de radiação, fertilizantes) e de energia. Não custa mencionar que o mais abundante produto industrial obtido de organismos vivos, a celulose, tem apenas algumas (ainda que importantíssimas) aplicações. Há grandes promessas no uso de celulose como fonte de combustíveis líquidos e como fonte de materiais. No primeiro caso, esbarra-se na resistência da celulose à hidrólise, que a impede de transformar-se em uma fonte imensa de glicose e álcool; no segundo caso, o próprio uso de madeira ainda é grandemente predatório, neste país, e não há exemplos de busca de produtos de celulose mais nobres que o papel.

Uma estratégia possível para a solução deste problema é o estímulo às atividades dos grupos interdisciplinares que conseguiram formar-se espontaneamente, tendo alcançado bons resultados científicos; esta estratégia pode ser implementada através de projetos temáticos, como os da Fapesp, ou através de projetos integrados como os do CNPq e da Fapergs ou ainda de projetos como os do sub-programa de Ciências Ambientais, do PADCT. De qualquer forma, é importante que prevaleça o apoio a grupos interdisciplinares formados espontânea e orgânicamente, e que trabalhem dentro de padrões de qualidade elevados, sem que se fomente aventuras e situações artificiais, como foi feito no passado.

Referências

documentos preparados para este projeto:

João Lúcio de **Azevedo** - "Situação Atual e Potencial da Área de Ciências Agrárias"

Milton de Abreu **Campanário** e Neusa **Serra** - "Sistema Estadual de Ciência e Tecnologia"

Sandoval **Carneiro** - "Problemas e Potencialidades do Ensino e da Pesquisa em Engenharia no Brasil"

Antônio Paes de **Carvalho** - "Situação Atual e Potencial de Biotecnologia"

Geraldo Lesbat **Cavagnari** Filho - "P&D Militar: Situação, Avaliação e Perspectivas"

Umberto G. **Cordani** - "Situação Atual e Potencial Científico da Área de Geociências no Brasil"

Sônia M.C. **Dietrich** - "Situação Atual e Potencial Científico das Áreas de Botânica, Ecologia, Genética e Zoologia"

Carlos J. P. de Lucena - "Situação Atual e o Potencial da Área de Computação no Brasil"

Antônio **Paiva** - "Situação Atual e da Área de Ciências Fisiógicas"

Oswaldo L. **Ramos** - "Situação Atual e Potencial da Área de Saúde"

Sérgio M. **Rezende** - "Avaliação da Área e Proposições para a Física no Brasil"

José M. **Riveros** - "Uma Visão Atual da Química no Brasil"